

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 19.11.2003

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Nokia Corporation  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20030045

Tekemispäivä  
Filing date

13.01.2003

Kansainvälinen luokka  
International class

H04N

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Kuvien käsittelyminen rajoitetulla bittimäärällä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

EV 39330020745

## KUVIEN KÄSITTELEMINEN RAJOITETULLA BITTIMÄÄRÄLLÄ

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu menetelmään kuvien käsittelemiseksi, jossa monotoimaisessa rajoitetaan kuvan bittimäärää kuva-alkiolle, jolloin kuva-alkion koodaus suoritetaan rajoitetulla bittimäärällä. Lisäksi nyt esillä oleva keksintö kohdistuu järjestelmään kuvan käsittelemiseksi, joka järjestelmä on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin järjestelmä käsittää lisäksi välineet kuva-alkion koodaamiseksi rajoitettuun bittimäärään. Edelleen keksintö kohdistuu laitteeseen kuvan käsittelemiseksi, joka laite on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin laite käsittää lisäksi välineet kuva-alkion koodaamiseksi rajoitettuun bittimäärään. Keksintö kohdistuu lisäksi tietokoneohjelmatuotteeseen kuvien käsittelemiseksi. Keksintö kohdistuu lisäksi kameramoduuliin sekä piiriin, joka käsittää enkooderin ja dekooderin. Keksintö kohdistuu lisäksi laitteeseen kuvan käsittelemiseksi, joka laite käsittää dekooderin.

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

Digitaalikameroissa on puolijohdekennoja, kuten CCD- (Charge Coupled Device) tai CMOS- (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) kenno, jotka kasittavat valoherkän anturin. Kennossa olevan anturin toiminta perustuu siihen, että se lataa itsensä varauksella aina kun siihen osuu säteilyä. Kenno käsittää tiheässä sijaitsevia samansuuntaisia kuva-alkioita (pixels), jotka muuntavat valon sähköiseksi signaaliksi. Väri-ilmaisua varten kennon kuva-alkioiden päälle laitetään suodatin, joka päästää tietyistä kuva-alkioista läpi vain punaista väriä, tietyistä kohdista vain vihreää väriä ja tietyistä kohdista vain sinistä väriä, jolloin saadaan muodostettua värimatriisi (color filter array). Kuva-alkioiden kohden on tietty määrä (N) bittejä. Jos tietojenkäsittely-yksikkö pystyy käsittelemään M-bittisiä kuvia ja jos  $N > M$ , tarvitaan kuvan muunnosta pienemmäksi, mikä tarkoittaa kuva-alkioiden bittien lukumäärän pienentämistä.

35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

Tavallisimmin kuva-alkioiden käyttämä bittimäärä on 8 bittiä, mutta on olemassa tapauksia, jolloin käytetään useampaa, kuten 10 bittiä kuva-alkiota kohden. Koska tavallisesti tietojenkäsittelylaitteen yksi tavu koostuu kahdeksasta bittistä tulee 10-bittisen kuvan pakkaaminen tarpeelliseksi.

Kuvan pakkaaminen on tarpeellista lisäksi siksi, että kuvien digitaalinen esittäminen ja käsittely ei enää ole rajoittunut tietokoneisiin, vaan yhä onnnevässä määrin kuvia voidaan muodostaa ja esittää pienemmillä  
5 laitteilla kuten esimerkiksi matkaviestimillä. Matkaviestimissä kuvien käyttö on pitkälti samanlaista kuin tietokoneiden yhteydessä. Kuvia tallennetaan laitteelle ja niiltä siirretään toiselle laitteelle käytetyn tietoliikennoverkon yli. Kuvien siirto tietoliikenneverkossa, kuten matkapuhelinverkossa, on ongelmallista siirrettävän informaation suuren määrän  
10 takia. Koska käytettävissä oleva tiedonsiirtokanava on hidas, pitää kuvamateriaalia pakata, jotta yhden kuvan siirtoon ei kuluisi useita minutteja.

DPCM (Differential pulse code modulation) on tunnettu menetelmä,  
15 jonka avulla kuva-alkio koodataan / siirretään sitä edeltävän kuva-alkion perusteella. Menetelmää käytetään analogisen signaalin muuntamisessa digitaalseksi signaaliksi, jossa analogisen signaalin näytteistetyn arvon ja sen ennustetun arvon välinen erotus kvantisoidaan ja koodataan digitaalseksi. DPCM-menetelmällä muodostuvat koodisanat  
20 esittävät arvojen välisiä arnavaisuuksia.

Kun pulssikoodimoduloidut (PCM) koodisanat differoidaan, saadaan aikaan muuttuvamittainen DPCM-koodisanajoukko, joka tavallisesti pakkaa annetun datan siirtoon sopivaan muotoon. Koska koodisanat ovat  
25 yleensä muuttuvamittaisia ei tulos aina välttämättä ole alio ennaltamäärätyn bitimäärän (M), koska pisin koodisana on suurempi kuin alkuperäinen määrä (N) bittejä. Jotta halutaan varmistaa koodisanan olevan alle raja-arvon (M), tulee DPCM-koodisanoille käyttää kvantisoinia, minkä jälkeen pakkausmenetelmästä tulee häviöllinen.

30 Ongelmaan on paneuduttu julkaisussa DE4210246A1, jossa esitetään DPCM-kuvakoodekki, jota täydennetään PCM-tekniikalla. Kyseisellä menetelmällä pienennetään digitaalisen kuvan datan määrää. Menetelmässä digitaalisen datan koodausprosessi muuntaa datan, jossa  
35 on M bittia kuva-alkiora kohden, N-bittiseksi koodisanaksi, kun  $N < M$ . Valinta PCM ja DPCM-menetelmän välillä tehdään riippuen hammaatason differenssiarvoista. Dekoodausprosessilla varmistetaan, että tunte-

## 3

tun koodisanan pituus on alle 9 bittiä, mutta tämä koodisanan pituus ei ole kiinteä vaan se vaihtelee kuvan harmaasävymuutosten mukaisesti. Julkaisussa esitetty menetelmä perustuu tilakoneeseen, joka tarvitsee toimiakseen kontrollisignaaleja. Muuttuvamittaisten kuva-alkioiden de-  
5 koodaus on näin ollen toisista kuva-alkioista voimakkaasti riippuvaista. Toinen ongelma tunnetun tekniikan mukaisissa muuttuvamittaisten kuva-alkioiden dekodauksessa on se, ettei koodivirrasta voi helposti päätellä, mitä kuva-alkiota kukin koodi esittää.

10 Nyt esillä olevan keksinnön tarkoituksena on esittää parannettu menetelmä kuvadatan pakkaamiseksi, jossa kuvan jokaisen koodatun kuva-alkion paikka voidaan määrittää itsenäisesti. Tämä on mahdollista siten, että koodisanat on kiinteämittaisia, jolloin ei tarvita erillisiä signaaleja osottamaan seuraavan koodisanan alkupistettä. Keksinnön menetelmällä myös jokainen kuvajuova voidaan koodata ja dekodata itse-  
15 näisesti. Tämä on mahdollista, koska yksikään kuva-alkio ei tarvitse tietoa toisella juovalla olevista kuva-alkioista. Keksinnöllä saavutetaan korkealaatuinen pakkaus N-bittiselle raakadatalle sen siirtämiseksi M-bittiseen kuvakäsittelymoduuliin ( $M < N$ ). Keksinnön avulla kuvassa  
20 oleval kuva-alkiol voidaan koodata nopeasti ja vähällä muistilla ilman, että kuvan laadussa on havaittavissa merkittävää heikkenemistä.

Edellisten tavoitteiden toteuttamiseksi, nyt esillä olevalle keksinnön mukaiselle menetelmälle on pääasiassa tunnusomaista se, että etsitään  
25 mainittua kuva-alkiota vastaava ennustusarvo. Jos ennustusarvo löytyy, määritetään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jolloin poikkeaman perusteella valitaan käytettävä koodaustapa mainitun kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi, jolloin koodattu kiinteämittainen bittijono käsittää lisäksi koodisanan, joka ilmaisee kuva-alkiolle valitun  
30 koodaustavan.

Keksinnön mukaisen kuvankäsittelyjärjestelmän tunnusmerkkinä on, että järjestelmä on sovitettu etsimään mainittua kuva-alkiota vastaava  
ennustusarvo. Jos ennustusarvo löytyy, järjestelmä on sovitettu määrit-  
35 tämään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jolloin väli-  
neet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan poikkeamaa  
vastaava koodaustapa mainitun kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi

4

sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana valitun koodaustavan ilmaisemiseksi siten, että koodattu bittijono on kiinteämittainen.

5 Keksinnön mukaisen laitteen tunnusmerkkinä on, että laite on sovitettu etsimään mainittua kuva-alkiota vastaava ennustusarvo. Jos ennustusarvo löytyy, on laite sovitettu määrittämään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jolloin välineet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan poikkeamaa vastaava koodaustapa mainitun kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi  
10 koodisana valitun koodaustavan ilmaisemiseksi siten, että koodattu bittijono on kiinteämittainen.

Keksinnön mukaisen tietokoneohjelmatuotteen tunnusmerkkinä on, että tietokoneohjelmatuotteen tallennusväline käsittää tietokonekäsikijä  
15 mainittua kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi, tietokonekäsikijä kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi, tietokonekäsikijä kuva-alkion koodaamiseksi poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä tietokonekäsikijä poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisovan koodisanan koodaamiseksi siten, että koodattu bittijono on kiinteämittainen.  
20

Keksinnön mukaisen kameramoduulin tunnusmerkkinä on, että kameramoduuli käsittää välineet kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi, jolloin kameramoduuli käsittää välineet kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi, jolloin välineet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion bittijonon koodaaminen poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisemiseksi siten, että rajoitettu bittimäärä on kiinteä  
25 oloollisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.  
30

Keksinnön mukaiselle piirille on tunnusomaista se, että enkooderi käsittää muistivälineet kuva-alkion tallentamiseksi ennustusarvona, jolloin enkooderi on sovitettu hakemaan kuva-alkiota vastaava ennustusarvo  
35 kyselystä muistivälineestä. Enkooderi käsittää lisäksi välineet kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi, jolloin enkooderi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion koodamisen

5

poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisemiseksi siten, että rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatulle kuva-alkioille.

5

Keksinnön mukaiselle laitteelle, joka käsittää dekooderin, on tunnusomaista se, että dekooderi on sovitettu tunnistamaan bittijonosta koodisana ja suorittamaan kuva-alkion dekoodaminen koodisanan osoittamalla koodaustavalla. Dekooderi käsittää lisäksi muistivälineet dekoodatun alniakin yhden kuva-alkion tallentamiseksi ennustusarvona, jolloin dekooderi on sovitettu hakemaan kuva-alkiota vastaava ennustusarvo kyseisestä muistivälineestä.

10

15

Toisin sanoen keksinnössä koodataan kuva-alkioiden väliset pienet muutokset differentiaalisella pulssikoodilla, jolloin kuva-alkioiden väliset suuret muutokset koodataan pulssikoodilla. Keksinnön menetelmässä ei tarvita kontrollisignaaleja kuva-alkion dekoodaamismenetelmän valitsemiseksi, jonka vuoksi kukin kuva-alkio on dekoodattavissa itsenäisesti. Tämä saavutetaan siten, että bittijonon alussa oleva bittimuoto kertoo käytettävän dekoodausmenetelmän. Koodausjärjestelmä on muodostettu siten, että bittiresoluutio heikkenee asteittain hitaammin kuin värien määrä lisääntyy kussakin koodausvaiheohjeessa. Kuvan laatu ei menetelmässä kärsi, mikä johtuu siitä, että viimeistä koodausmenetelmää osoittava bittimuoto on kaikkein lyhyin, jolloin väriarvon koodaamiseksi jää enemmän bittejä kuin muissa vaihtoehtoissa. Värien määrään suhteutettuna bittejä on kuitenkin vähemmän.

20

25

30

35

Nyt esillä olevalla keksinnöllä saadaan kuva-alkioiden koodausprosessi nopeammaksi ja lisäksi keksinnön menetelmä vaatii vähemmän muistia kuin tekniikan tason menetelmät. Keksinnön mukaan tuotettu kuva on laadullisesti parempi kuin tekniikan tason häviöllisillä menetelmillä muodostetut. Menetelmä muodostaa kiinteitä koodisanoja, jotka ovat helpompia dekoodata ja ne takaavat siirtoon sopivan ulostulon. Keksinnön mukainen kodekki on yksinkertainen toteuttaa, eikä se vaadi isoja puskureita, koska kiinteiden koodisanojen yhteydessä puskurnointi voi olla pienempi, tai sitä ei tarvita lainkaan.

## 6

Keksintöä kuvataan seuraavassa tarkemmin viittaamalla ohelisiin piirustuksiin, joissa

- 5 kuvio 1 esittää yhtä edullista esimerkkiä keksinnön mukaisesta enkooderista/dekooderista, joka toteuttaa 10 – 8 – 10-bittimuunnoksen, ja
- 10 kuvio 2 esittää toista edullista esimerkkiä keksinnön mukaisesta enkooderista/dekooderista, joka toteuttaa 10 – 7 – 10-bittimuunnoksen,
- 15 kuvio 3 esittää lailella, joka suorittaa kuvan enkoodauksen ja/tai dekoodauksen keksinnön erityisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti, ja
- kuvio 4 esittää vuokaaviota keksinnön erityisen edullisen suoritusmuodon mukaisen enkooderin toiminnasta.

Keksinnön tarkemmassa kuvauksessa käytetään muuttujia

- 20 Xorig määrittämään alkuperäistä kuva-alkioarvoa (esim. 10 bittiä),  
 Xpred määrittämään ennustettua kuva-alkion arvoa,  
 Xdiff määrittämään alkuperäisen ja ennustetun arvon erotusta (Xorig-Xpred),  
 25 Xenco määrittämään koodattua kuva-alkion arvo (esim. 8 bittiä) ja  
 Xdeco määrittämään dekoodattua arvoa kuva-alkiolle.

- 30 Keksinnön perusidea on se, että ennustuksen ollessa tarpeeksi hyvä eli alkuperäisen ja ennustetun kuva-alkioarvon välinen erotus on pienempi kuin ennalta määritetty raja-arvo ( $\text{abs}(X_{\text{diff}}) < \text{Lim}$ ), siirretään erotusarvo kvantisoituna DPCM-koodekille. Muuten alkuperäinen arvo siirretään kvantisoituna PCM koodekille. Mainittujen arvojen yhteydessä siirretään lisäksi tieto valitusta koodekista. Molemmissa menetelmissä käytetään kiinteää määrää (M) bittijä yhden kuva-alkion esittämiseksi. Bittimäärä M määritellään käytettävän kapasiteetin perusteella.
- 35



7

- Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa käsitellään esimerkkinä 10-bittistä värikuvaa, joka pakataan 8-bittiseksi kuvan siirron ja käsittelyn ajaksi. Kuvio 1 esittää yhden edullisen suoritusmuodon menetelmän lu-  
 5 teuttavalle enkooderi/dekoodorille. Lisäksi alla olevassa taulukossa 1 esitetään yhtenä esimerkkinä kuva-alkion koodaus. Taulukkoon on koottu yhden satunnaisen kuva-alkiorivin neljätoista kuva-alkiota, jotka koodataan keksinnön mukaisella menetelmällä. Taulukossa esitetään alkuperäinen kuva-alkio (Xorig), alkuperäistä vastaava ennustusarvo (Xpred), alkuperäisen kuva-alkion ja ennustusarvon välinen erotus  
 10 (Xdiff), kuva-alkion koodattu bittijono (Xenco) sekä dekoodattu kuva-alkio (Xdeco) Taulukon esimerkissä alkuperäinen kuva-alkio (Xorig) on 10 bittiä, joka kuva-alkio koodataan (Xenco) kahdeksan bittiseksi. Koodattu bittijono (Xenco) edelleen dekoodataan keksinnön mukaisella menetelmällä 10-bittiseksi. Luonnollisesti esitetyt arvot ovat vain esi-  
 15 merkkejä, eikä niitä tule tulkita koksintöä rajoittavaksi.

Xorig	Xpred	Xdiff	Xenco	Xdeco
302	Ei saatavilla		01001011	302
120	Ei saatavilla		00011110	122
156	302	-146	1 0010011	156
90	122	-32	010 1 0000	90
135	156	-21	00 1 10101	135
94	90	4	00 0 00100	94
154	135	19	00 0 10011	154
118	94	24	00 0 11000	118
235	154	81	011 0 0100	235
98	118	-20	00 1 10100	98
137	235	-98	011 1 1000	138
90	98	-8	00 1 01000	90
138	138	0	00 1 00000	138
88	90	-2	00 1 00010	88

Taulukko 1.

20

Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa käytetään yhtä kuva-alkiota ennustukseen, jolloin ennustusarvona (Xpred) käytetään kuva-alkion

8

vasemmanpuoleista arvoa. Jos ennustusarvoa ei ole saatavilla, eli tilanteessa, jossa käsitellään kuvarivin kahta ensimmäistä kuva-alkiota, alkuperäinen kuva-alkio kvantisoidaan N-bittisestä M-bittiseksi ja siirretään PCM-knodekille. Ennustuksen toisessa edullisessa suoritusmuodossa voidaan käyttää useampia pistettä, kuten kolmea, jolloin arvioidaan ennustusarvo kuva-alkion kolmesta vierekkäisestä (yläpuoli, vasemmanpuolinen, vasen vinokulma) kuva-alkiosta. Kolmen pisteen ennustus olisi edullisinta toteuttaa tavalla, joka on esitetty hakijan suomalaisessa patenttihakemuksessa viitenumero 20000131. Tämänkalainen ennustus antaa keksinnössä paremman lopputuloksen, mutta se tarvitsee onomman muistia verrattuna yhden pisteen ennustukseen ja puistaa mahdollisuuden koodata ja dekodata jokainen kuvajuoja itsenäisesti. Siitä syystä tässä keksinnön tarkemassa kuvauksessa keskitytään ennustukseen, jossa käytetään yhtä kuva-alkiota.

Kuva koodataan siten, että kuvan kunkin kuvarivin koodauksessa käytetään samaa rivimenetelmää. Keksinnön mukaisen koodauksen periaate yhden rivin osalta esitetään kuvion 4 vuokaaviossa. Bayerin matriisikuvasta, joka on mainitun värimatriisin (CFA) tunnetuin muoto, tiedetään, että värikuvan data esitetään siten, että samalla rivillä kahden saman värikomponentin välissä on yksi muu värikomponentti (esim. GRGRGR tai BGBGBG, jossa punainen R, vihreä G, sininen B). Tämän tiedon perusteella voidaan ennustus toteuttaa siten, että kuva-alkion  $X(n)$  ennustuksessa käytetään edellistä samanväristä dekodattua kuva-alkiota, jolloin toisin sanoen käytetään edellistä edeltävää kuva-alkiota  $X(n-2)$ , joka siis on saman värinen kuva-alkion  $X(n)$  kanssa. Kuvarivin alussa olevalle kahdelle ensimmäiselle kuva-alkiolle edeltävää (ennustuksessa käytettävää) arvoa ei luonnollisestikaan ole, jolloin alkuperäinen arvo kvantisoidaan:

$$X_{enco}(0) = X_{orig}(0) / 4$$

Luvun neljä käyttäminen kvantisoljana johtuu siitä, että esimerkissä arvo halutaan pakata 10-bittistä dataa 8-bittiseksi ( $1024 / 256 = 4$ ). Jos  $X_{enco}(0) = 0$ , siirretään arvo 1 (00000001), jotta vältytään koodisanalta '0' (00000000). Dekoodattu koodisana voidaan muodostaa seuraavasti:

9

$X_{\text{deco}}(0) = 4 * X_{\text{enco}}(0) + 2$ , jossa luku kaksi lisätään pyöristyslä var-  
ten.

- 5 Toinen kuva-alkio  $X_{\text{orig}}(1)$  käsitellään vastaavasti ( $X_{\text{enco}}(1) - X_{\text{orig}}(1) / 4$ ), koska se on eri värinen verrattuna kuva-alkioon  $X_{\text{orig}}(0)$ .

- 10 Kolmannen kuva-alkion ( $n=2$ ) koodaamiseksi tarvitaan ennustusta, johon käytetään kyseistä kuva-alkiota edeltävää dekodattua samanväristä arvoa, jolloin saadaan kolmannelle kuva-alkiolle ennustusarvo  $X_{\text{pred}}(2) = X_{\text{deco}}(2-2)$ . Yleisesti muodostettuna ennustusarvo saadaan  $X_{\text{pred}}(n) = X_{\text{deco}}(n-2)$ , kun  $n$  kuvaa kuva-alkion paikkaa. Kuva-alkioon kohdistunut muutos (poikkeama) voidaan määrittää laskemalla  $X_{\text{diff}}(n) = X_{\text{orig}}(n) - X_{\text{pred}}(n)$ .

- 15 Jos muutoksen itseisarvo kohteena olevan kuva-alkion ja ennustusarvon välillä on tarpeeksi pieni ( $< 128$ ), koodauksessa käytetään DPCM-koodekkia. Jos muutoksen itseisarvo kohteena olevan kuva-alkion ja ennustusarvon välillä on suuri ( $> 127$ ), koodauksessa käytetään PCM-koodekkia (kuvataan jäljempänä tarkemmin kohdassa (1)).

- 20 Koodattu bittijono käsittää alussa koodisanan, josta tunnistetaan muutoksen suuruus (00, 010, 011 ;  $< 32$ , 32-63, 64-127 vastaavasti). Koodisanan pituus vastaa Huffmanin koodisanojen pituuksia, jotka ovat 1,2,3 ja 3. Koodisana, jonka pituus on yksi, on varattu koodausmenetelmän vaihtoa osoittavalle merkillä, jonka tulee olla joko "0" tai "1". Edullisesti vaihtomerkkin koodisana on "1", sillä sen myötä voidaan toiseksi pienin eli 2:n mittainen koodisana valita "00"-ksi. Syy valinnalle voidaan perustella siten, että tämän myötä voidaan kokonaiskoodisana "00000000" välttää, kun erotus nolla lähetetään arvona -0 eli "00 1 00000". Tällöin ei kokonaiskoodisanaa "00000000" tarvitse muualla vältellä, sillä muut koodisanaat sisältävät itsessään ainakin yhden ykkösen. Kun toinen koodisana on valittu "00"-ksi, niin yhden mittaisen koodisanan tulee olla "1", jolla dekodauksesta tulee yksiselitteinen. Yksiselitteisestä dekodauksesta johtuen kaksi muuta koodisanaa ovat täten "010" ja "011".
- 30 Jos kokonaiskoodisanan "00000000" käyttöä ei tarvitsisi vältellä, koodisanaat voisivat luonnollisesti olla myös esim. "0", "10", "110" ja "111". On huomattava, että joskus voi olla tarvetta vältellä myös muita koko-
- 35

10

naiskoodisanoja kuten esimerkiksi "11111111", jolloin voi tulla tarvetta muuttaa koodisanoja. Koodisanojen valinta ei näin ollen ole sidottu selityksessä mainittuihin koodisanoihin.

- 5 Koodisanan jälkeen yksi bitti varataan etumerkille, koska muutos kuva-alkion välillä voi olla negatiivinen. Jaljelle jäävät bitit kuvaavat muutoksen binaarisuuden. Dekoodausprosessissa vastaavasti dekooderi tunnistaa bittiljonon alussa olevan koodisanan, jonka perusteella valitaan dekodaukseen käytettävä menetelmä. Dekodauksessa kuva-alkion arvo määritellään käyttämällä jo dekodattua edellistä saman värin arvoa ( $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ ) sekä muutosta, joka oli alkuperäisen kuva-alkion ja edellisen samanvärisen kuva-alkion välillä ( $value = X_{diff} = X_{orig}(n) - X_{pred}(n)$ ). Alla oleva pseudokoodi esittää koodekin, joka toteuttaa kuudaus-dekodausprosessin kullekin muutosalueelle.

15

DPCM1:

jos  $abs(X_{diff}(n)) < 32$ , silloin $X_{enco}(n) = "00 s xxxx"$  $X_{deco}(n) = X_{pred}(n) + sign * value$ 

20

jossa 00 on koodisana, s vastaa etumerkkiä (sign) ja "xxxx" ilmaisee viidellä bitillä lukua  $value = abs(X_{diff}(n)) / 1$ , kvantisoija on 1. Esimerkiksi, kun  $X_{diff}(n) = -9$ , koodattu arvo  $X_{enco}(n) = "00 1 01001"$

25

DPCM2:

jos  $abs(X_{diff}(n)) < 64$ , silloin $X_{enco}(n) = "010 s xxxx"$  $X_{deco}(n) = X_{pred}(n) + sign * (32 + 2 * value)$ 

30

jossa 010 on koodisana, s etumerkki (sign) ja "xxxx" ilmaisee neljällä bitillä lukua  $value = (abs(X_{diff}(n)) - 32) / 2$ , kvantisoija on 2. Esimerkiksi, kun  $X_{diff}(n) = 54$  tai 55, silloin koodattu arvo  $X_{enco}(n) = 010 0 1011$ .

35

DPCM3:

jos  $abs(X_{diff}(n)) < 128$ , silloin

11

$X_{enco}(n) = "011 \text{ s } xxxx"$

$X_{deco}(n) = X_{pred}(n) + \text{sign} * (64 + 4 * \text{value} + 1)$

jos  $X_{deco}(n) > 1023$ , silloin  $X_{deco}(n) = 1023$

jos  $X_{deco}(n) < 0$ , silloin  $X_{deco}(n) = 0$

5

jossa 011 ilmaisee koodisanan alkua, s etumerkkiä (sign) ja "xxxx" ilmaisee neljällä bitillä lukua  $\text{value} = (\text{abs}(X_{diff}(n)) - 64) / 4$ , kvantisoiija on 4. Esimerkiksi, kun  $X_{diff}(n) = -123$ ;  $-122$ ;  $-121$  tai  $-120$ , silloin koodattu arvo  $X_{enco}(n) = 011 \ 1 \ 1011$ .

10

Voidaan havaita, että viimeisessä ehdossa dekodattuun arvoon lisätään luku yksi, mikä johtuu pyöristyksestä. Kvantisoiija ollessa neljä, seuraa siitä, että neljä eri arvoa kvantisoiuu samaan lähetysarvoon. Nämä arvot ovat  $(X)$ ,  $(X+1)$ ,  $(X+2)$  ja  $(X+3)$ , jossa  $X$  on neljällä jaollinen luku. Jotta pyöristysvirhe olisi mahdollisimman pieni, niin palautusarvoksi tulisi valita  $(X+1.5)$ . Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä palautusarvon tulee olla kokonaisluku. Näin ollen parhaat valinnat ovat  $(X+1)$  ja  $(X+2)$ . Todennäköisyyden mukaan pienempiä  $(X)$  ja  $(X+1)$  on hieman enemmän kuin suurempia  $(X+2)$  ja  $(X+3)$ , sillä erotuksen kasvaessa niiden esiintymismäärä oleellisesti aina ennustajan onnistuneen toiminnan seurauksena pienenee. Edellisestä perustelusta johtuen palautusarvoksi on valittu  $(X+1)$ .

15

20

25

30

Jos muutos on suurempi kuin suurin em. raja-arvoista ( $> 127$ ), käytetään keksinnön edullisessa suoritusmuodossa PCM-koodekkia (tapaus 1). Tällöin koodattua arvoa ei ennusteta edellisestä, vaan muodostetaan alkuperäisestä kuva-alkion arvosta. Koodausmenetelmän vaihdon ilmaisee erityinen koodisana, vaihtomerkki, joka esitettiin edellä koodisanojen muodostamisen yhteydessä:

**tapaus 1: erittäin edullinen suoritusmuoto PCM muuten**

35

$X_{enco}(n) = "1 \text{ xxxxxxxx}"$

$X_{deco}(n) = 8 * \text{value} + 4$

12

jossa 1 on vaihdon ilmaiseva koodisana, "xxxxxxx" ilmaisee seitsemällä bitillä lukua  $\text{value} = (\text{Xorig}(n) / 8)$ , kvantisoiija on B. Esimerkiksi, kun  $\text{Xdiff}(n) = 520 - 527$ , silloin koodattu bittijono on "1 1000001".

5

PCM-menetelmää käyttävä koodattu bittijono käsittää ensimmäisenä bittinä vaihtomerkkikoodisanan 1, joka on valittu siksi, että väriarvon koodaamisessa voidaan käyttää enemmän bittejä kuin DPCM-menetelmien kohdalla. Tämän menettelyn kautta saadaan kuvan laatu varmistettua, sillä bittiresoluutio on helkkenee asteittain hitaammin kuin värien määrä lisääntyy eri koodausvaihtoehdoissa.

10

15

Kuva-alkiorivin kuva alkioit riviin loppuun (EOR) asti koodataan vastaavasti koodaten pienet muutokset DPCM-menetelmällä ja suuret PCM-menetelmällä. Vastaavasti loput rivit kuvan loppuun asti käsitellään itsenäisesti kuten edellinen kuva-alkiorivi, jolloin koko kuva saadaan pakattua.

20

25

DPCM- ja PCM-koodekkiyhdistelmän parommuus verrattuna pelkkään DPCM-koodekkiin on perustellavissa, kun verrataan yhdistelmää pelkän DPCM-koodekin käyttöön. Esimerkin vuoksi esitetään tilanne (tapaus 2), jossa käytetään DPCM-koodekkia sekä pienten että suurten muutosten koodauksessa. Tämän esimerkin myötä edut, jotka saavutaan keksinnön mukaisella tavalla yhdistää DPCM-menetelmää PCM-menetelmaan, ovat paremmin ymmärrettävissä alan ammattilaiselle. On huomattava, että kyseinen esimerkki esitetään vain keksinnön etujen havaitsemiseksi – keksinnön toteutuksen suhteen sillä ei ole merkitystä.

30

**tapaus 2: ensimmäinen edullinen suoritusmuoto muuten**

35

$\text{Xenco}(n) = "1 \text{ s } \text{xxxxxx}"$

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xpred}(n) + \text{sign} * (16 * \text{value} + 1)$

**jos**  $\text{Xdeco}(n) > 1023$ , silloin  $\text{Xdeco}(n) - 1023$

**jos**  $\text{Xdeco}(n) < 0$ , silloin  $\text{Xdeco}(n) = 0$

13

jossa 1 ilmaisee koodisanaa, s ilmaisee etumerkkiä (sign) ja "xxxxxx" ilmaisee kuudella bitillä lukua  $value = (abs(Xdiff(n)) / 16)$ , kvantisolija on 16. Esimerkiksi, kun  $Xdiff(n) = 528 - 543$ , silloin koodattu bittijono on "1 0 100001".

5

Voidaan havaita, että etumerkkibitti s omii kvantisoitavasta arvosta yhden bitin, jolloin DPCM-koodekin virhe on suurempi PCM-koodekkiin verrattuna, koska kvantisoinnin tulee olla suurempi. Tämä johtuu siitä, että PCM-koodekille lähetettävä arvo on välillä  $[0, 1023]$  (10 bittiä) ja DPCM-koodokille on välillä  $[-1023, 1023]$  (11 bittiä).

10

Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa koodausmenetelmän vaihdon merkkinä käytetään lyhintä koodisanaa "1", kuten alemmin esitettiin. Vaikka vaihtomerkki ei olekaan todennäköisin merkki, scuraa sen valinnasta tilanne, että kvantisointivirhe on niin korkea, että koodisanan pituutta ei voida kasvattaa enempää. Pidemmän vaihtomerkkikoodisanan aiheuttamaan laadun heikkenemistä ei ole enää mahdollista palauttaa vähentämällä muiden merkkien koodisanoja ja nostamalla esim. todennäköisempien symbolien ei-kvantisointialuetta. Suuren muutoksen käsittelyä ei myöskään kannata toteuttaa DPCM-koodokilla, koska silloin seuraa sama tilanne kuin kasvallaessa vaihtomerkin pituutta alkuperäisessä ratkaisussa.

15

20

25

30

35

On lisäksi huomattava, että muut merkit kuin vaihtomerkki noudattavat merkkien todellista todennäköisyyttä. Tämä pitää paikkansa myös silloin, kun kvantisolija on suurempi suuremmille muutoksille. Koodisanojen pituus perustuu muutoksen määrään seuraavasti: 1 = vaihto  $[128 - 1023]$ , 2 =  $[0 - 31]$ , 3 =  $[32 - 63]$ , 3 =  $[64 - 127]$ . Pituudet perustuvat muutostajakauman muotoon, kun kvantisointivirhe on poistettu. DPCM-koodokissa tarvittavien merkkien määrä on vähemmän tai yhtä paljon kuin  $N - (M - 1)$  (esim.  $10 - (8 - 1) = 3$ ). Keksinnön DPCM-koodauksessa käytetään edullisesti näitä kaikkia kolmea. DPCM-merkkien enimmäismäärää laskettaessa, yhtälö perustuu vaihtomerkin arvon (value) pituuteen, joka on  $M - 1$  ( $8 - 1 = 7$ ) bittiä. DPCM-koodekin symboleille ei näin ollen ole oleellista tarvetta käyttää suurempaa tai yhtä suurta kvantisointia kuin PCM-koodekin yhteydessä. Lisäksi samalle kvantisoijalle

ei tarvitse käyttää kahta erilaista koodisanaa, koska koodisanojen järjestys voi tällöin muuttua tai kaksi koodisanaa voi yhdistyä toisiinsa.

5 Keksinnön mukaista menetelmää käyttämällä ulostulo huonoimmassa tilanteessa koodautuu 7–10 -bittiseksi. Vastaavassa tilanteessa DPCM-koodekin käyttämisestä yksin seuraa ulostulo, joka koodautuu 6–10 -bittiseksi. Keksinnön mukaista menetelmää käyttämällä kuvan laadun mittaamisessa käytetty signaalikohinasuhde PSNR (Peak Signal Noise Ratio) sijoittuu 67.48 dB ja 78.01 dB :n välille. Jos PCM-koodekki korvataan DPCM-koodekilla, vastaava luku putoaa välille 63.67 – 74.48 dB.

15 Keksinnön aiemmin esitettyjen suoritusmuotojen mukaisella ratkaisulla saatu kuvanlaatu voidaan saavuttaa myös käyttämällä älykästä DPCM-koodekkia (tapaus 3), mutta silloin koodekin monimutkaisuus lisääntyy, mikä voi olla merkittävä este keksinnön tämän suoritusmuodon käyttämiseksi joissakin ympäristöissä. Keksinnön tässä suoritusmuodossa on havaittu, että vaikka koodattavat arvot sijoittuval välille –1023 ja 1023, on ennustukselle olemassa vain 1024 erilaista arvoa. Muilla arvoilla saadaan Xdeco-arvo, joka on pienempi kuin 0 tai suurempi kuin 1023. Kyseiset arvot eivät koskaan esiinny alkuperäisessä kuvassa. Näin ollen suurten muutosten yhteydessä DPCM-koodekkia voidaan käyttää älykkäästi seuraavasti:

25 **tapaus 3: toinen edullinen suoritusmuoto muuten**

$$Xenco(n) = "1 s xxxxxx"$$

30 jossa 1 ilmaisee koodisanan alkua, s ilmaisee etumerkkiä (sign) ja "xxxxxx" ilmaisee kuudella bitillä lukua  $value = (abs(Xdiff(n)) / 8)$ , kvantisolija on 8.

35 Nämä suuret itseisarvot tulee koodata käyttämällä arvoja, joita ei muuten käytetä ennustavassa koodauksessa. Alla olevassa esimerkissä esitetään ensin alueen muunnos ja dekodaus.



15

**jos** value == 64 silloin value = 0

**jos** value > 64 silloin value = 128 - value, ja merkki vaihdetaan

5

Esimerkiksi, kun  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) = 528 - 543$ , silloin koodattu bittijono on "1 1 111110".

Dekoodauksessa menetellään seuraavasti:

10

**jos** value == 0 silloin

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xprod}(n) + \text{sign} * (8 * 64 + 7)$

muuten

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xprod}(n) + \text{sign} * (8 * \text{value})$

15

**jos**  $\text{Xdeco}(n) < 0$  silloin

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xdeco}(n) + 1024 + 3$

**jos taas**  $\text{Xdeco}(n) > 1023$  silloin

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xdeco}(n) - 1024 - 3$

muuten

20

$\text{Xdeco}(n) = \text{Xdeco} + \text{sign} * 3$

**jos**  $\text{Xdeco}(n) > 1023$ , silloin  $\text{Xdeco}(n) = 1023$

**jos**  $\text{Xdeco}(n) < 0$ , silloin  $\text{Xdeco}(n) = 0$

25

Kuviossa 1 esitetään yksi edullinen esimerkki keksinnön mukaisen menetelmän toteuttavasta enkooderista ja sitä vastaavasta dekodeerista.

Enkooderi toteuttaa bittimuunnoksen 10 bitistä kahdeksaan bittiin, ja dekodeeri toteuttaa vastaavasti bittimuunnoksen kahdeksasta kymmeneen bittiin. Enkooderi (Enc) käsittää valitsimen (Sel / Enc), joka vaihtaa koodekkia sen perusteella, minkä suuruinen muutos on kyseessä.

30

DPCM1 on käytössä, kun  $\text{Xdiff} < 32$ , DPCM2 kun  $\text{Xdiff} < 64$ , DPCM3 kun  $\text{Xdiff} < 128$ , ja muuten PCM. Enkooderi käsittää lisäksi sisäisen dekodeerin (Dec) suorittamaan symbolin dekodauksen ennustusta (Pred) varten. Tätä varten koodattavaa symbolia odottavat kaksi symbolia tallennetaan muistiin (MEM) dekodattuna. Samanlaisen dekodausprosessin suorittaa myös varsinainen dekodeeri (Dec 8->10).

35

## 16

Kuviossa 2 on esitetty yksi edullinen esimerkki keksinnön mukaisesta enkooderista ja dekooderista, jotka on sovitettu suorittamaan bittimuunnoksen kymmeneä bitistä seitsemään ja takaisin kymmeneen bittiin. Kuvan 2 ennustaja käyttää ennustuksessa kalkkia rivissä olevia väriarvoja (Bayerin matriisissa kaksi väriä / rivi). Ensimmäinen kuva-alkio koodataan ilman ennustusta. Toinen kuva-alkio ennustetaan käyttämällä edellistä dekodattua arvoa ennustusarvona:  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$ . Kolmas kuva-alkio ennustetaan käyttämällä edellistä dekodattua samanväristä arvoa ennustusarvona:  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ . Neljäs kuva-alkio ennustetaan käyttämällä yhtälöä:

**Jos**  
 $((X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-2) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-3)) \text{ tai } (X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-2) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-3)))$   
**niin**  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$   
**muuten**  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ .

Muut rivissä olevat kuva-alkiot ennustetaan käyttämällä yhtälöä:

**Jos**  
 $((X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-2) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-3)) \text{ tai } (X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-2) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-3)))$   
**niin**  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$

**jos taas**  
 $((X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-3) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-4)) \text{ tai } (X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-3) \text{ ja } X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-4)))$   
**niin**  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$

**muuten**  $X_{pred}(n) = (X_{deco}(n-2) + X_{deco}(n-4) + 1) / 2$ .

Koska kuvion 2 esimerkin mukainen enkooderi käyttää ennustuksessa neljää edeltävää kuva-alkiota on muisti (Mem) sovitettu neljälle kuva-alkiolle vastaavasti.

**35** Enkoodaus/dekoodaus suoritetaan tämän bittimuunnoksen (10 - 7 - 10) yhteydessä vastaavasti kuin muunnoksessa 10 bitistä kahdeksaan

17

bittiin. On kuitenkin huomattava, että käytettävät koodisanat ja niitä vastaavat alueet noudattavat seuraavaa määritelmää:

**jos  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) < 8$ , silloin**

5      $\text{Xenco} = 000 \text{ s } xxx$   
koodisana on 000, s = sign,  $xxx = \text{value} = \text{abs}(\text{Xdiff}(n)) / 1$   
kolmella bitillä ilmaistuna, kvantisoiija = 1

**jos  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) < 16$ , silloin**

10      $\text{Xenco}(n) = "0010 \text{ s } xx"$   
koodisana on 0010, s = sign,  $xx = \text{value} = (\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) - 8) / 2$   
kahdella bitillä ilmaistuna, kvantisoiija = 2

**jos  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) < 32$ , silloin**

15      $\text{Xenco}(n) = "0011 \text{ s } xx"$   
koodisana on 0011, s = sign,  $xx = \text{value} = (\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) - 16) / 4$   
kahdella bitillä ilmaistuna, kvantisoiija = 4

**jos  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) < 160$ , silloin**

20      $\text{Xenco}(n) = "01 \text{ s } xxxx"$   
koodisana on 01, s = sign,  $xxxx = \text{value} = (\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) - 32) / 8$   
neljällä bitillä ilmaistuna, kvantisoiija = 8.

**jos  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) > 160$ , silloin**

25      $\text{Xenco}(n) = "1 \text{ xxxxxx}"$   
koodisana = 1, s = sign,  $xxxxxx = \text{value} = \text{Xorig}(n) / 16$  kuudella  
bitillä ilmaistuna, kvantisoiija = 16.

30     Kuten yllä olevasta voidaan nähdä, kuvatuolaisen bittimuunnoksen yhteydessä koodisanoja tarvitaan viisi, kun bittimuunnoksen (10-8-10) yhteydessä tarvittavia koodisanoja on neljä.

35     Kuviossa 3 esitetään hyvin pelkistetty kuva keksinnön edullisen suoritustemuodon toteuttavasta järjestelmästä. Järjestelmä käsittää odullisesti laitteet A ja B, jotka toteuttavat keksinnön mukaisen enkoodauksen (Enc) / dekodauksen (Dec) vastaavasti. Laitteet A, B voivat sijaita järjestelmässä fyysisesti erikseen. Laitteet A, B voidaan myös toteuttaa

18

yhdeksi fyysisoksi kokonaisuudeksi. Kuvatunlaiset ratkaisut, jossa yhdistetään DPCM- ja PCM-modulaatio tai käytetään älykästä DPCM-modulaatiota, voidaan näin ollen toteuttaa osana elektroniikkalaitetta, esimerkiksi digitaalisessa signaalikäsittely-yksikössä (DSP) kamerassa tai muussa vastaavassa. Elektronikkalaitteossa on tyypillisesti muitakin loimintoja, kuten välineet kuvainformaation esittämiseksi (D) käyttäjälle sekä prosessori elektronisen laitteen ohjaamiseksi. Keksinnön mukaisen kuvankäsittelyjärjestelmän käsittävä digitaalikamera (C) voidaan edullisesti toteuttaa mobiililaitteen yhteyteen, joko irrallisena yksikkönään tai laitteeseen sulautettuna, jossa mobiililaitteessa on lisäksi välineet matkaviestinnän suorittamiseksi. Lisäksi keksinnön mukaisen kuvankäsittelyjärjestelmän käsittävä digitaalikamera voi olla yhteydessä tietoliikenneverkkoon (esim. Internet), kuten WebCam. Keksintö voidaan toteuttaa kokonaisuudessaan käyttämällä kovo-ratkaisuja, mikrokoodattavaa prosessoria tai vaihtoehtoisesti pelkästään tietokoneohjelmalla. Myös kaikki näiden yhdistelmät ovat mahdollisia. Näin ollen keksintöä voidaan tyypillisesti käyttää myös osana suurempaa ohjelmistoa, se voidaan rakentaa osaksi erillistä koodauspiiriä, tai se voidaan toteuttaa erikseen myytävän kameramoduulin yhteyteen.

20

Nyt esillä oleva keksintö on kuvattu selityksessä kahden edullisen suoritusmuodon mukaisesti. On selvää, että keksinnön edellä esitettyjä eri suoritusmuotoja yhdistelemällä voidaan aikaansaada erilaisia keksinnön suoritusmuotoja, jotka ovat sinällään keksinnön hengen mukaisia.

25

Tämän vuoksi edellä esitettyjä esimerkkejä ei tule tulkita keksintöä rajoittavasti, vaan keksinnön suoritusmuodot voivat vapaasti vaihdella jäljempänä patenttivaatimuksissa esitettyjen keksinnöllisten piirteiden puitteissa.

19

L 2

## PATENTTIVAATIMUKSET:

1. Menetelmä kuvan käsittelemiseksi, jossa rajoitetaan kuva-alkion bittijonon bittimäärää, jolloin kuva-alkio koodataan rajoitetulla bittimäärällä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä

- etsitään mainittua kuva-alkiota vastaava ennustusarvo;
- ennustusarvon löydyttyä määritetään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jonka poikkeaman perusteella valitaan käytettävä koodaustapa mainitun kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi,
- koodataan bittijonoon lisäksi koodisana valitun koodaustavan ilmaisemiseksi;
- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että koodisana valitun koodaustavan ilmaisemiseksi on vaihtuvamittainen.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä käytetään kvantisointia bittijonon koodaamiseksi, jolloin ensin määritetään raja-arvo, jolloin mainittua poikkeamaa verrataan kyseiseen raja-arvoon niin, että poikkeaman ollessa pienempi, bittijonon koodauksessa kvantisoidaan mainittu poikkeama, kun taas poikkeaman ollessa suurempi, bittijonon koodauksessa kvantisoidaan kuva-alkion alkuperäinen arvo.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetään mainittu koodisana kuva-alkion alkuperäisen ja rajoitetun bittimäärän perusteella siten, että koodisanan pituus on enintään  $N - (M - 1)$  silloin kun M vastaa rajoitettua bittimäärää ja N vastaa alkuperäistä bittimäärää.

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetään mainittu koodisana kuva-alkion alkuperäisen ja rajoitetun bittimäärän perusteella siten, että koodisanan pituus on kaksi, kun muutoksen määrä on alle 32 bittiä, ja että koodisanan pituus kolme, kun muutoksen määrä on yli 31 ja alle 128 bittiä, jolloin muu-

toksen ylittäessä 128 bittiä valitaan koodisanan pituudeksi yksi jolloin koodaustapa vaihdetaan.

- 5 6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 – 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että valitaan käytettävä koodaustapa DPCM- ja PCM-koodauksen välillä siten, että koodisanan yhtä suuremmat pituudet ilmaisevat DPCM-koodauksen käytön, jolloin yhden mittainen koodisana ilmaisee PCM-koodauksen käytön.
- 10 7. Jonkin patenttivaatimuksen 1 – 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että valitaan käytettävä koodaustapa tavallisen DPCM- ja älykkään DPCM-koodauksen välillä siten, että koodisanan yhtä suuremmat pituudet ilmaisevat DPCM-koodauksen käytön, jolloin yhden mittainen koodisana ilmaisee älykkään DPCM-koodauksen käytön.
- 15 8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ennustusarvo on yhden koodatun kuva-alkion arvo tai useamman koodatun kuva-alkion keskiarvo.
- 20 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ennustusarvon puuttuessa bittimäärää rajoitetaan kvantisoimalla mainittu kuva-alkio.
- 25 10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä dekodeerataan bittijono käytettyä koodaustapaa vastaavalla dekodeerustavalla.
- 30 11. Jonkin edellä esitetyn patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että koodataan kuva-alkio kameramoduulin ja elektronikkalaitteen välillä siirrettäväksi.
- 35 12. Kuvankäsittelyjärjestelmä, joka on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin järjestelmä käsittelee välineet kuva-alkion koodaamiseksi rajoitettuun bittimäärään, **tunnettu** siitä, että järjestelmä
- käsittelee lisäksi välineet kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi;

## 21

- ennustusarvon löydyttyä, järjestelmä on sovitettu määrittämään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jolloin välineet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion bittijonon koodaaminen poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisemiseksi;
- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että ennustusarvon puuttuessa järjestelmä on sovitettu kvantisoimaan mainitun kuva-alkion arvo.

14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi välineet raja-arvon määrittämiseksi, jolloin järjestelmä on lisäksi sovitettu vertaamaan mainittua poikkeamaa kyseiseen raja-arvoon niin, että poikkeaman ollessa pienempi, järjestelmä on sovitettu kvantisoimaan mainittu poikkeama, kun taas poikkeaman ollessa suurempi, järjestelmä on sovitettu kvantisoimaan kuva-alkion alkuperäinen arvo.

15. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 14 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä on sovitettu määrittämään mainittu koodisana kuva-alkion alkuperäisen ja rajoitetun bittimäärän perusteella siten, että koodisanan pituus on enintään  $N - (M - 1)$  silloin kun M vastaa rajoitettua bittimäärää ja N vastaa alkuperäistä bittimäärää.

16. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 15 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi välineet koodisanan pituuden muodostamiseksi mainitun poikkeaman perusteella siten, että koodisanan pituus on kaksi, kun muutoksen määrä on alle 32 bittiä, ja että koodisanan pituus on kolme, kun muutoksen määrä on yli 31 ja alle 128 bittiä, jolloin muutoksen ylittäessä 128 bittiä koodisanan pituus on yksi koodaustavan vaihtamiseksi.

## 22

5 17. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 16 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi DPCM- ja PCM-koodekin, jolloin koodisanan yhtä suuremmat pituudet ilmaisevat DPCM-koodekin käytön, jolloin yhdenmittainen koodisana ilmaisee PCM-koodekin käytön.

10 18. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 17 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi tavallisen DPCM- ja älykkään DPCM-koodekin, jolloin koodisanan yhtä suuremmat pituudet ilmaisevat DPCM-koodekin käytön, jolloin yhdenmittainen koodisana ilmaisee älykkään DPCM-koodekin käytön.

15 19. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 18 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ennustusarvo on yhden koodatun kuva-alkion arvo tai useamman koodatun kuva-alkion keskiarvo.

20 20. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 19 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi välineet bittijonon dekodeeraamiseksi koodausta vastaavasti.

21. Jonkin patenttivaatimuksen 12 – 20 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi kameramoduulin ja elektroniikkalaitteen.

25 22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että elektroniikkalaite käsittää välineet matkaviestinnän suorittamiseksi.

30 23. Laite kuvan käsittelymiseksi, joka laite on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin laite käsittää lisäksi välineet kuva-alkion koodaamiseksi rajoitettuun bittimäärään, **tunnettu** siitä, että

- laite käsittää lisäksi välineet kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi;

35 - laite käsittää välineet kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi, jolloin välineet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion bittijonon koodaaminen poikkeaman osoittamalla koo-



## 23

daustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisemiseksi;  
- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

5

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen laite, **tunneltu** siitä, että laite käsittää lisäksi välineet mainitun kuva-alkion kvantisoimiseksi, jotka välineet on lisäksi sovitettu kvantisoimaan alkuperäisen kuva-alkion arvo ennustusarvon puuttuessa.

10

25. Patenttivaatimuksen 23 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että laite käsittää lisäksi välineet raja-arvon määrittämiseksi, jolloin laite on lisäksi sovitettu vertaamaan mainittua poikkeamaa kyseiseen raja-arvoon niin, että poikkeaman ollessa pienempi, laite on sovitettu kvantisoimaan mainittu poikkeama, kun taas poikkeaman ollessa suurempi, laite on sovitettu kvantisoimaan kuva-alkion alkuperäinen arvo.

15

26. Jonkin patenttivaatimuksen 23 – 25 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että laite käsittää lisäksi välineet bittijonon dekodeamiseksi koodisanan osoittamalla tavalla.

20

27. Jonkin patenttivaatimuksen 23 – 26 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että laite käsittää lisäksi kameramoduulin.

25

28. Jonkin patenttivaatimuksen 23 – 27 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että laite käsittää lisäksi välineet matkaviestinnän suorittamisoksi.

30

29. Tietokoneohjelmatuote kuvien käsittelymiseksi, joka tietokoneohjelmatuote käsittää tallennusvälineen, joka tallennusväline käsittää tietokoneohjelmakäskyjä kuvan käsittelymiseksi kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä sekä kuva-alkion koodaamiseksi rajoitelluun bittimäärään **tunnettu** siitä, että

35

- tallennusväline käsittää lisäksi tietokonekäskyjä mainittua kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi;
- sekä tietokonekäskyjä kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi sekä kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi poikkeaman osoittamalla koodaustavalla se-

24

kä lisäksi poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisevan koodisanan koodaamiseksi bittijonoon;

- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

5

10

30. Kameramoduuli kuvien käsittelemiseksi, joka kameramoduuli on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin kameramoduuli käsittää lisäksi välineet kuva-alkion koodaamiseksi rajoitettuun bittimäärään, **tunnettu** siitä, että kamera-

15

20

- käsittää välineet kuva-alkiota vastaavan ennustusarvon etsimiseksi;

- kameramoduuli on sovitettu määrittämään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jolloin välineet kuva-alkion koodaamiseksi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion bittijonon koodaaminen poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisevaksi;

- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

25

31. Piiri kuvan käsittelemiseksi, joka piiri käsittää enkooderin ja dekooderin, joka enkooderi on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, jolloin enkooderi on sovitettu koodaamaan kuva-alkion rajoitettuun bittimäärään, **tunnettu** siitä, että

30

35

- enkooderi käsittää muistivälineet ainakin yhden kuva-alkion tallentamiseksi ennustusarvona, jolloin enkooderi on sovitettu hakemaan kuva-alkiota vastaava ennustusarvo kyseisestä muistivälineestä,

- enkooderi käsittää välineet kuva-alkion ja ennustusarvon välisen poikkeaman määrittämiseksi, jolloin enkooderi on sovitettu suorittamaan mainitun kuva-alkion koodamisen poikkeaman osoittamalla koodaustavalla sekä koodaamaan bittijonoon lisäksi koodisana poikkeaman osoittaman koodaustavan ilmaisevaksi;

- rajoitettu bittimäärä on kiinteä oleellisesti kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille.

## 25

32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen piiri, tunnettu siitä, että ennustusarvon puuttuessa enkooderi on sovitettu kvantisoimaan mainitun kuva-alkion arvo.

5

33. Patenttivaatimuksen 31 tai 32 mukainen piiri, tunnettu siitä, että käytettävä koodaustapa on DPCM- tai PCM-koodaus.

10

34. Patenttivaatimuksen 31 tai 32 mukainen piiri, tunnettu siitä, että koodaustapa on tavallinen DPCM- tai älykäs DPCM-koodaus.

15

35. Jonkin patenttivaatimuksen 30 – 34 mukainen piiri, tunnettu siitä, että dekooderi on sovitettu dekoodaamaan bittijono käytettyä koodaustapaa vastaavalla dekoodaustavalla.

20

36. Laite kuvan käsittelyä varten, joka laite käsittää dekooderin, joka on sovitettu käsittelemään kuvaa kuva-alkion bittijonon rajoitetulla bittimäärällä, joka dekooderi on lisäksi sovitettu dekoodaamaan kuva-alkio alkuperäiseen bittimääräänsä, tunnettu siitä, että dekooderi on sovitettu tunnistamaan mainitusta bittijonosta koodisana ja suorittamaan mainitun kuva-alkion dekodaminen koodisanan osoittamalla koodaustavalla, jolloin dekooderi käsittää muistivälineet dekoodatun ainakin yhden kuva-alkion tallentamiseksi ennustusarvona, jolloin dekooderi on sovitettu hakemaan kuva-alkiota vastaava ennustusarvo kyseisestä muistivälineestä.

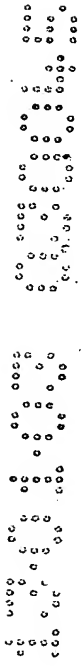
25

26

L 3

**(57) Tiivistelmä:**

Keksintö kohdistuu menetelmään sekä menetelmän toteuttavaan järjestelmään, laitteeseen, enkooderiin ja dekoderiin sekä tietokoneohjelmatuotteeseen kuvan käsittelemiseksi. Keksinnössä rajoitetaan käsiteltävän kuva-alkion bittijonon bittimäärää, jolloin kuva-alkio koodataan rajoitetulla bittimäärällä. Menetelmässä etsitään mainittua kuva-alkiota vastaava ennustusarvo. Jos se löytyy, määritetään kuva-alkion ja ennustusarvon välinen poikkeama, jonka poikkeaman perusteella valitaan käytettävä koodaustapa mainitun kuva-alkion bittijonon koodaamiseksi. Lisäksi koodataan bittijonoon koodisana valitun koodaustavan ilmaisemiseksi. Jos ennustusarvo puuttuu rajoitetaan mainitun kuva-alkion bittimäärää kvantisoimalla. Keksinnön myötä kaikille kuvan koodatuille kuva-alkioille saadaan kiinteämittainen bittimäärä.

**(Fig. 1)**

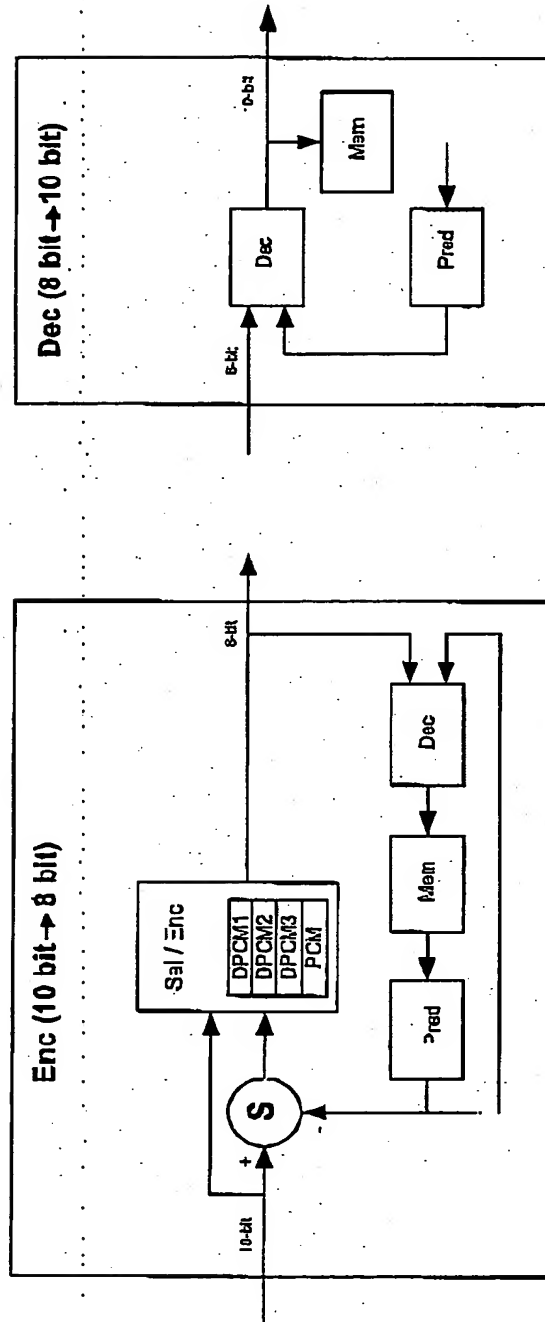
1/4  
C4

Fig. 1

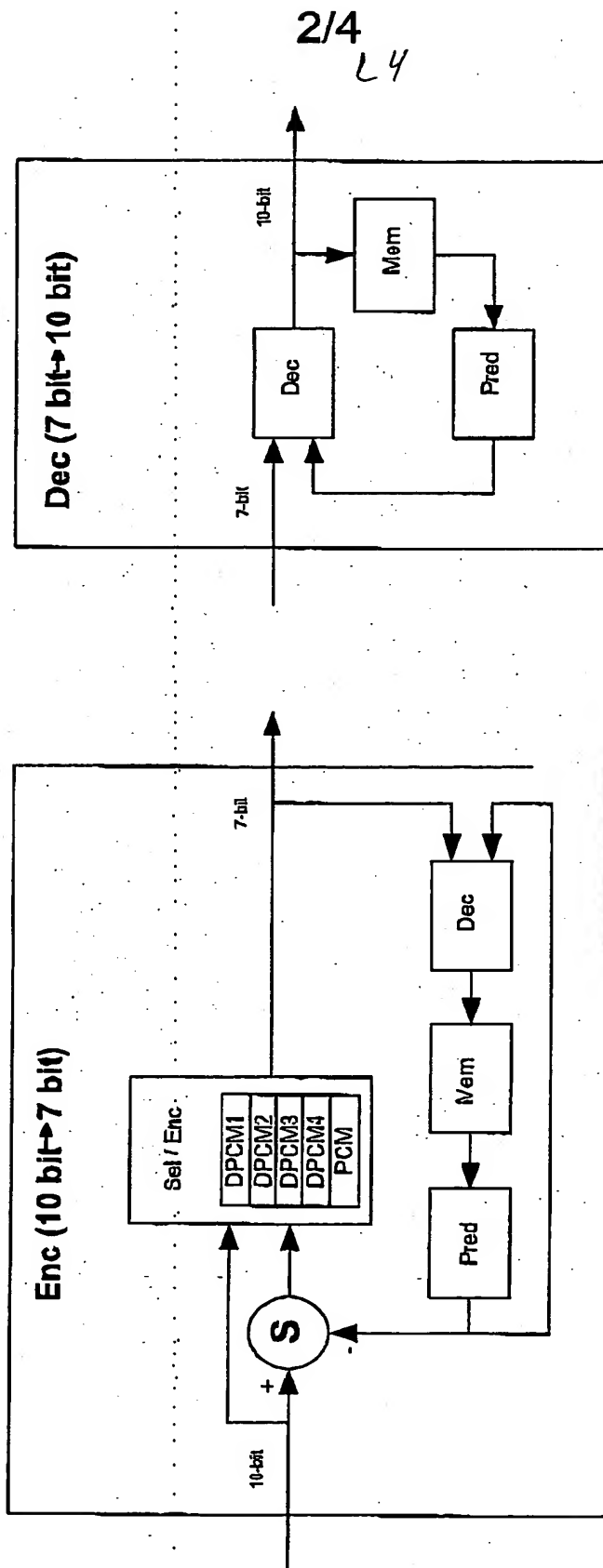


Fig. 2

3/4  
L4

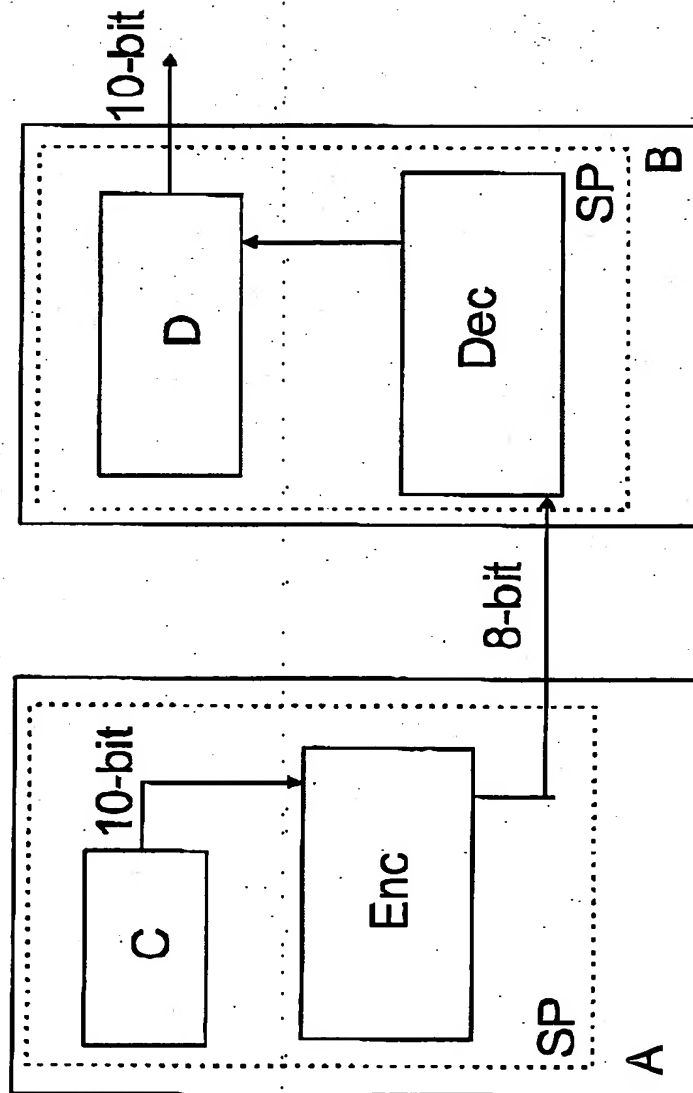


Fig. 3

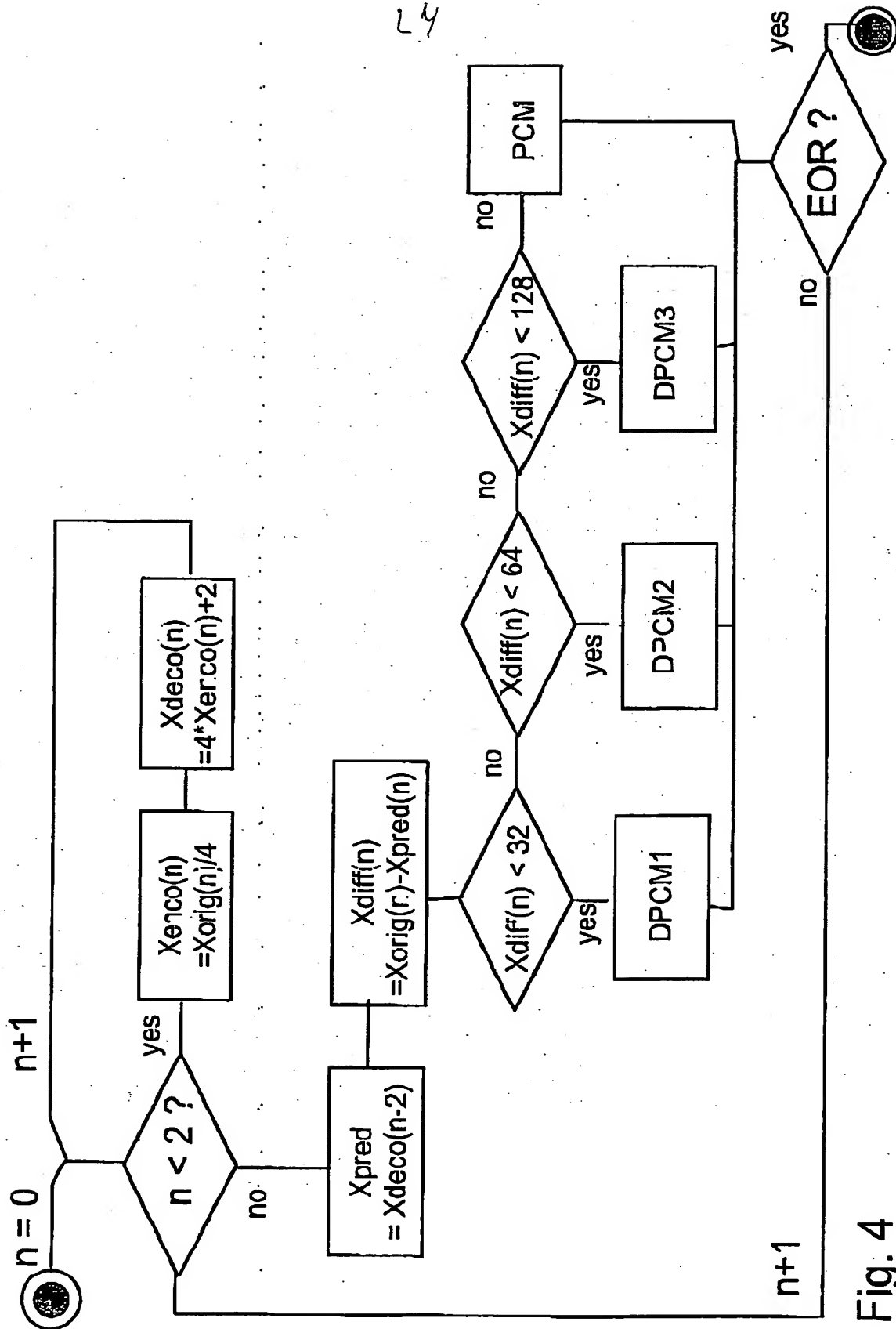


Fig. 4



## PROCESSING OF IMAGES USING A LIMITED NUMBER OF BITS

The present invention relates to a method for processing images, in which method the number of bits per pixel is limited, wherein the pixel is encoded with the limited number of bits. The present invention also relates to a system for image processing, which system is arranged to process the image using a limited number of bits in the bit sequence per pixel, wherein the system also comprises means for encoding the pixel to the limited number of bits. Furthermore, the present invention relates to a device for image processing, which device is arranged to process the image using a limited number of bits in the bit sequence per pixel, wherein the device also comprises means for encoding the pixel to the limited number of bits. The invention also relates to a computer software product for image processing. The invention also relates to a camera module and a circuit comprising an encoder and a decoder. Furthermore, the invention relates to a device for image processing, which device comprises a decoder.

Digital cameras comprise semiconductor cells, such as CCD (Charge Coupled Device) or CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) cells comprising a photosensitive sensor. The operation of the sensor in the cell is based on the principle that it is always charged when radiation impinges on it. The cell comprises densely placed parallel pixels which convert light to electrical signals. For colour detection, the pixels of the cell are covered by a filter which transmits, at certain pixels, only red colour, only green colour and only blue colour, respectively, forming a colour filter array. There is a given number (N) of bits per each pixel. If the data processing unit is capable of processing images of M bits and if  $N > M$ , a conversion of the image to a smaller size is needed, which means a reduction in the number of bits per pixel.

Normally, the number of bits per pixel is 8 bits, but there are cases in which a greater number is used, for example 10 bits per pixel. Normally, in a data processing device, one byte consists of 8 bits; therefore, it will be necessary to compress an image of 10 bits.

Furthermore, the compression of the image is necessary, because the digital reproduction and processing of images is no longer limited to computers but, to an increasing extent, images can be produced and displayed with smaller devices, such as, for example, mobile communication devices. In mobile communication devices, the use of images is largely similar to the use in computers. Images are stored in the device and they are transmitted to another device across a communication network in use. The transmission of images in the communication network, such as a mobile telephone network, is problematic because of the large quantity of information. Because the available communication channel is slow, the image material must be compressed so that several minutes would not be taken for the transmission of a single image.

DPCM (differential pulse code modulation) is a known method, by which a pixel is encoded / transmitted on the basis of the preceding pixel. The method is used for the conversion of an analog signal to a digital signal, wherein the difference between a sampled value of the analog signal and its predicted value is quantized and encoded in digital format. Code words formed by the DPCM method represent differences between values.

By differentiating the pulse code modulated (PCM) code words, a DPCM code word sequence of variable length is obtained, which normally compresses the given data to a format suitable for the transmission. Because the code words are normally of variable length, the result is not always necessarily below the predetermined bit number (M), because the longest code word is longer than the original number (N) of bits. To make sure that the code word is shorter than the limit value (M), the DPCM code words must be quantized, after which the compression method becomes lossy.

This problem is discussed in the publication DE 4210246 A1 which discloses a DPCM image codec supplemented with PCM technology. A questionable method is used to reduce the quantity of data in a digital image. In the method, the process of encoding digital data is used to convert the data with M bits per pixel to a code word of N bits, when

N < M. The choice between the PCM and DPCM methods is made with respect to the difference values in the grey level. The decoding process is used to make sure that the length of the produced code word is less than 9 bits, but this code word length is not fixed but it varies according to the grey level changes in the image. The method presented in the publication is based on a state machine which will require control signals to operate. The decoding of the pixels of varying length is thus strongly dependent on other pixels. Another problem in the decoding of pixels with varying length according to prior art is that it is not easy to determine from the code stream, which pixel each code represents.

The aim of the present invention is to provide an improved method for compressing image data, in which the location of each encoded pixel can be determined independently. This is possible in that the code words have a fixed length, wherein no separate signals will be needed to indicate the initial point of the next code word. By the method of the invention, each image line can also be encoded and decoded independently. This is possible, because no pixel will need information about other pixels on another line. By means of the invention, high-quality compression is achieved for raw data of N bits for its transmission to an image processing module of M bits ( $M < N$ ). By means of the invention, pixels in an image can be encoded quickly and with little memory capacity without affecting the quality of the image to a noticeable degree.

To achieve the above-mentioned aims, the method according to the present invention is primarily characterized in finding a prediction value corresponding to said pixel. If the prediction value is found, the difference between the pixel and the prediction value is determined, wherein the difference is used to select the encoding method to be used for encoding the bit string of said pixel, wherein the encoded bit string with a fixed length also comprises a code word indicating the encoding method selected for the pixel.

The image processing system according to the invention is characterized in that the system is arranged to search for a prediction value corresponding to said pixel. If the prediction value is found, the

system is arranged to determine the difference between the pixel and the prediction value, wherein the means for encoding the pixel are arranged to apply the method corresponding to the difference for encoding the bit string of said pixel as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the selected encoding method in such a way that the encoded bit string has a fixed length.

The device according to the invention is characterized in that the device is arranged to search for a prediction value corresponding to said pixel. If the prediction value is found, the device is arranged to determine the difference between the pixel and the prediction value, wherein means for encoding the pixel are arranged to apply the method corresponding to the difference for encoding the bit string of said pixel as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the selected encoding method in such a way that the encoded bit string has a fixed length.

The computer software product according to the invention is characterized in that the storage means of the computer software product comprises computer instructions to search for a prediction value corresponding to said pixel, computer instructions to determine the difference between the pixel and the prediction value, computer instructions for encoding the pixel by the encoding method indicated by the difference, as well as computer instructions to encode the code word representing the encoding method indicated by the difference, in such a way that the encoded bit string has a fixed length.

The camera module according to the invention is characterized in that the camera module comprises means to search for a prediction value corresponding to the pixel, wherein the camera module comprises means to determine the difference between the pixel and the prediction value, wherein the means for encoding the pixel are arranged to perform the encoding of the bit string of said pixel by the encoding method indicated by the difference as well as to encode, in the bit string, also a code word to represent the encoding method indicated by the difference, in such a way that the limited bit number is fixed to substantially all the encoded pixels of the image.

The circuit according to the invention is characterized in that the encoder comprises memory means for storing the pixel as a prediction value, wherein the encoder is arranged to retrieve the prediction value  
5 corresponding to the pixel from said memory means. The encoder also comprises means for determining the difference between the pixel and the prediction value, wherein the encoder is arranged to encode said pixel by the encoding method indicated by the difference, as well as to  
10 encode, in the bit string, also a code word to represent the encoding method indicated by the difference, in such a way that the limited number of bits is fixed to substantially all the encoded pixels of the image.

The device according to the invention, comprising a decoder, is  
15 characterized in that the decoder is arranged to recognize the code word in the bit string and to decode the pixel by the encoding method indicated by the code word. The decoder also comprises storage means for storing at least one decoded pixel as a prediction value, wherein the decoder is arranged to retrieve the prediction value  
20 corresponding to the pixel from said storage means.

In other words, in the invention, minor changes between pixels are encoded with a differential pulse code, wherein major changes between pixels are encoded with a pulse code. In the method  
25 according to the invention, no control signals will be needed to select the method for decoding the pixel, wherein each pixel can be decoded independently. This is achieved in that the bit format at the beginning of the bit string indicates the decoding method to be used. The encoding system is formed in such a way that the bit resolution decreases  
30 gradually more slowly than the number of colours increases in each encoding alternative. The quality of the image is not affected in the method, because the bit format indicating the last encoding method is the shortest of all, wherein more bits are left for encoding of the colour value than in the other alternatives. However, in proportion to the  
35 number of colours, there are fewer bits.

By the present invention, the process for encoding pixels becomes faster and, furthermore, the method of the invention requires less memory capacity than methods of prior art. The image produced according to the invention is of a better quality than images produced by the lossy methods of prior art. In the method, fixed code words are formed which are easier to decode and which guarantee an output suitable for transmission. The codec according to the invention is simple to implement, and it does not require large buffers, because less buffering can be used in connection with fixed code words, or no buffering is needed at all.

In the following, the invention will be described in more detail with reference to the appended drawings, in which

Fig. 1 shows an advantageous example of an encoder/decoder according to the invention, implementing a 10 - 8 - 10 bit conversion, and

Fig. 2 shows another advantageous example of an encoder/decoder according to the invention, implementing a 10 - 7 - 10 bit conversion,

Fig. 3 shows a device performing encoding and/or decoding of an image according to a particularly advantageous embodiment of the invention, and

Fig. 4 shows a flow chart of the operation of the encoder according to a particularly advantageous embodiment of the invention.

In the more detailed description of the invention, the following variables will be used:

Xorig	to determine the original pixel value (e.g. 10 bits),
Xpred	to determine the predicted pixel value,
Xdiff	to determine the difference between the original and predicted values ( $X_{orig} - X_{pred}$ ),

Xenco      to determine the encoded pixel value (e.g. 8 bits), and  
 Xdeco      to determine the decoded pixel value.

5      The basic idea of the invention is that if the prediction is sufficiently good, that is, the difference between the original and predicted pixel values is smaller than a predetermined limit value ( $\text{abs}(\text{Xdiff}) < \text{Lim}$ ), the difference value is transferred, in quantized format, to the DPCM codec. Otherwise, the original value is transferred, in quantized format, to the PCM codec. Information about the selected codec is also  
 10      transferred in connection with said values. In both methods, a fixed number (M) of bits is used to represent one pixel. The bit number M is determined according to the capacity to be used.

15      In an advantageous embodiment of the invention, an example of a 10-bit colour image is processed, which is compressed to 8 bits for the time of image transmission and processing. Figure 1 shows an advantageous embodiment of an encoder/decoder implementing the method. In addition, Table 1 below shows the encoding of a pixel as an example. In the table, fourteen pixels of a random pixel line are  
 20      collected, which are encoded by the method according to the invention. The table shows the original pixel (Xorig), the prediction value (Xpred) corresponding to the original, the difference (Xdiff) between the original pixel and the prediction value, the encoded bit string (Xenco) of the pixel, and the decoded pixel (Xdeco). In the example in the table, the  
 25      original pixel (Xorig) consists of 10 bits and is encoded to a pixel of eight bits (Xenco). The encoded bit string (Xenco) is further decoded to 10 bits by the method according to the invention. Naturally, the presented values are only examples and they shall not be interpreted to restrict the invention.

30

Xorig	Xpred	Xdiff	Xenco	Xdeco
302	Not available		01001011	302
120	Not available		00011110	122
156	302	-146	1 0010011	156
90	122	-32	010 1 0000	90
135	156	-21	00 1 10101	135

		8		
94	90	4	00 0 00100	94
154	135	19	00 0 10011	154
118	94	24	00 0 11000	118
235	154	81	011 0 0100	235
98	118	-20	00 1 10100	98
137	235	-98	011 1 1000	138
90	98	-8	00 1 01000	90
138	138	0	00 1 00000	138
88	90	-2	00 1 00010	88

Table 1.

5 In an advantageous embodiment of the invention, one pixel is used for prediction, wherein the value on the left hand side of the pixel is used as the prediction value (Xpred). If there is no prediction value available, that is, in a situation in which the two first pixels of an image line are processed, the original pixel is quantized from N bits to M bits and is transferred to the PCM codec. In a second advantageous embodiment of the prediction, more pixels can be used, for example three pixels, wherein the prediction value is evaluated from three pixels (upper, left, upper left pixels) adjacent to a pixel. The three-pixel prediction is preferably implemented in a way presented in the applicant's Finnish patent application No. 20000131. This kind of a prediction will give a better final result in the invention, but it will require more memory capacity than prediction by one pixel and it will eliminate the possibility to encode and decode each image line independently. For this reason, the more detailed description of the invention will focus on the prediction using one pixel.

20

The image is encoded in such a way that the same line method is used for encoding each line in the image. The encoding principle according to the invention, for one line, is illustrated in the flow chart of Fig. 4. From the Bayer matrix image, which is the best known form of said colour matrix (CFA), it is known that the data of a colour image is represented in such a way that between two identical colour components on the same line, there is another colour component (for example, GRGRGR or BGBGBG, with red R, green G, blue B). On the

25



basis of this information, the prediction can be implemented in such a way that in the prediction of a pixel  $X(n)$ , the preceding decoded pixel of the same colour is used, wherein, in other words, the pixel  $X(n - 2)$  preceding the preceding one is used, which is, consequently, of the same colour as the pixel  $X(n)$ . Naturally, there is no preceding value (to be used in the prediction) for the first two pixels at the beginning of an image line, wherein the original value is quantized.

$$X_{enco}(0) = X_{orig}(0) / 4$$

The reason for using number four as a quantizer is that, in the example, the value is to be compressed from 10-bit data to 8-bit data ( $1024 / 256 = 4$ ). If  $X_{enco}(0) = 0$ , the value 1 (00000001) is transferred, to avoid the code word '0' (00000000). The decoded code word can be formed as follows:

$$X_{deco}(0) = 4 \times X_{enco}(0) + 2, \text{ in which the number two is added for rounding.}$$

The second pixel  $X_{orig}(1)$  is processed accordingly ( $X_{enco}(1) = X_{orig}(1) / 4$ ), because it is of a different colour than the pixel  $X_{orig}(0)$ .

To encode the third pixel ( $n = 2$ ), a prediction will be needed, for which the decoded value of the same colour, preceding the pixel in question, is used, to obtain the prediction value for the third pixel  $X_{pred}(2) = X_{deco}(2 - 2)$ . In the general format, the prediction value is obtained  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n - 2)$ , when  $n$  indicates the location of the pixel. The change (difference) in the pixel can be determined by calculating  $X_{diff}(n) = X_{orig}(n) - X_{pred}(n)$ .

If the absolute value of the change between the pixel in question and the prediction value is sufficiently small ( $< 128$ ), the DPCM codec will be used in the encoding. If the absolute value of the change between the pixel in question and the prediction value is high ( $> 127$ ), the PCM codec will be used in the encoding (to be described in more detail under section (1) below).

The encoded bit string comprises, in the beginning, a code word, from which the magnitude of the change is detected (00, 010, 011 ; < 32, 32 to 63, 64 to 127, respectively). The length of the code word corresponds to the lengths of Huffman code words, which are 1, 2, 3 and 3.

5 The code word with the length of one is reserved for the symbol indicating escape from the encoding method, which should be either "0" or "1". Preferably, the code word for the escape symbol is "1", because thereby the second smallest code word, having a length of 2, can be selected to be "00". As the reason for the choice can be given the fact

10 that it is thus possible to avoid the complete code word "00000000" when the difference zero is transmitted as the value  $-0$ , that is, "00 1 00000". In this way, the complete code word "00000000" does not need to be avoided elsewhere, because the other code words contain at least one "1" in them. When the second code word is

15 selected to be "00", the code word with the length of one must be "1" to make the decoding unambiguous. Because of the unambiguous decoding, the other two code words are thus "010" and "011". If the use of the complete code word "00000000" did not need to be avoided, the code words could naturally be also, for example, "0", "10", "110" and

20 "111". It should be noted that sometimes there may also be a need to avoid other complete code words, such as, for example, "11111111", wherein there may be a need to change the code words. Consequently, the choice of the code words is not restricted to the code words mentioned in the description.

25

After the code word, one bit is reserved for the sign, because the change between the pixels may be negative. The remaining bits give the change value in a binary representation. In the decoding process, in a corresponding manner, the decoder recognizes the code word at

30 the beginning of the bit string, to select the method to be used for decoding. In the decoding, the pixel value is determined by using the preceding value of the same colour, already decoded, ( $X_{pred}(n) = X_{deco}(n - 2)$ ) as well as the change that was between the original pixel and the preceding pixel of the same colour (value =  $X_{diff} = X_{orig}(n) - X_{pred}(n)$ ). The pseudo code below represents a codec implementing

35 the coding/decoding process for each range of change:

DPCM1:

**if** abs(Xdiff(n)) < 32, **then**

Xenco(n) = "00 s xxxxx"

Xdeco(n) = Xpred(n)+sign\*value

5

in which 00 is the code word, s represents the sign, and "xxxxx" indicates, in five bits, the value =  $\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) / 1$ , the quantizer being 1. For example, when  $\text{Xdiff}(n) = -9$ , the coded value  $\text{Xenco}(n) = "00\ 1\ 01001"$

10

DPCM2:

**if** abs(Xdiff(n)) < 64, **then**

Xenco(n) = "010 s xxxx"

Xdeco(n) = Xpred(n)+sign\*(32+2\*value)

15

in which 010 is the code word, s represents the sign, and "xxxx" indicates, in four bits, the value =  $(\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) - 32) / 2$ , the quantizer being 2. For example, when  $\text{Xdiff}(n) = 54$  or 55, then the coded value  $\text{Xenco}(n) = 010\ 0\ 1011$ .

20

DPCM3:

**if** abs(Xdiff(n)) < 128, **then**

Xenco(n) = "011 s xxxx"

Xdeco(n) = Xpred(n)+sign\*(64+4\*value+1)

25

**if** Xdeco(n) > 1023, **then** Xdeco(n) = 1023

**if** Xdeco(n) < 0, **then** Xdeco(n) = 0

30

in which 011 represents the beginning of the code word, s represents the sign, and "xxxx" indicates, in four bits, the value =  $(\text{abs}(\text{Xdiff}(n)) - 64) / 4$ , the quantizer being 4. For example, when  $\text{Xdiff}(n) = -123, -122, -121$ , or  $-120$ , then the coded value  $\text{Xenco}(n) = 011\ 1\ 1011$ .

35

It can be seen that in the last clause, the number one is added to the decoded value, which is due to rounding. When the quantizer is four, it follows that four different values are quantized in the same transmission value. These values are (X), (X+1), (X+2) and (X+3), in

which  $X$  is an integer divisible by four. To minimize the rounding error, the selected return value should be  $(X+1.5)$ . However, this is not possible, because the return value must be an integer. Consequently, the best choices are  $(X+1)$  and  $(X+2)$ . By probability, the lower figures  $(X)$  and  $(X+1)$  occur slightly more frequently than the higher figures  $(X+2)$  and  $(X+3)$ , because the number of occurrences is always slightly reduced when the difference is increased, as a result of successful operation of the predictor. Because of this argument,  $(X+1)$  has been selected as the return value.

If the change is greater than the highest of said limit values ( $> 127$ ), the PCM codec is used in the advantageous embodiment of the invention (case 1). Thus, the encoded value is not predicted from the preceding value but it is formed of the original pixel value. The change of the encoding method is indicated by a special code word, an escape symbol, which was introduced above in connection with the formation of the code words.

#### **case 1: very advantageous embodiment PCM**

**else**

$$Xenco(n) = "1 \text{ xxxxxxxx}"$$

$$Xdeco(n) = 8 * \text{value} + 4$$

in which 1 is the code word indicating a change, "xxxxxxx" indicates, in seven bits, the value =  $(Xorig(n) / 8)$ , the quantizer being 8. For example, when  $Xdiff(n) = 520 - 527$ , then the encoded bit string is "1 1000001".

The encoded bit string applying the PCM method comprises, as the first bit, the escape symbol code word 1, which has been selected so that more bits can be used for the encoding of the colour value than in DPCM methods. By this arrangement, it is possible to guarantee the image quality, because the bit resolution is reduced gradually more slowly than the number of colours is increased in the different encoding alternatives.

The pixels of the image line are coded in a corresponding manner to the end of the line (EOR), by encoding minor changes by the DPCM method and major changer by the PCM method. Correspondingly, the rest of the lines to the end of the image are processed independently in the same way as the preceding pixel line, wherein the whole image can be compressed.

The superiority of the combination of the DPCM and PCM codecs to the DPCM codec alone is well-founded when the combination is compared with the use of the DPCM codec alone. As an example, a situation (case 2) will be presented, in which the DPCM codec is used for encoding both minor and major changes. With this example, the advantages which are achieved by combining the DPCM method with the PCM method in a way according to the invention, can be better understood by a person skilled in the art. It should be noted that this example is only given to illustrate the advantages of the invention; it has no significance in the implementation of the invention.

#### **case 2: first advantageous embodiment**

**else**

$X_{enco}(n) = "1 \ s \ xxxxxx"$

$X_{deco}(n) = X_{pred}(n) + \text{sign} * (16 * \text{value} + 7)$

**if**  $X_{deco}(n) > 1023$ ,      **then**  $X_{deco}(n) = 1023$

**if**  $X_{deco}(n) < 0$ ,      **then**  $X_{deco}(n) = 0$

in which 1 indicates the code word, s represents the sign, and "xxxxxx" indicates, in six bits, the value =  $(\text{abs}(X_{diff}(n)) / 16)$ , the quantizer being 16. For example, when  $X_{diff}(n) = 528 - 543$ , then the encoded bit string is "1 0 100001".

It can be seen that the sign bit s "eats" one bit of the value to be quantized, wherein the error with the DPCM codec is greater than with the PCM codec, because the quantizing must be greater. This is because the values to be transferred to the PCM and DPCM codecs are in the ranges  $[0, 1023]$  (10 bits) and  $[-1023, 1023]$  (11 bits), respectively.

In an advantageous embodiment of the invention, the escape symbol used is the shortest code word "1", as presented above. Although the escape symbol is not the most probable symbol, its choice will result in a situation that the quantizing error is so high that the code word length cannot be increased any further. The impairment in the quality, caused by the longer escape symbol code word, can no longer be restored by reducing the code words of the other symbols and by increasing, for example, the non-quantized range of the more probable symbols. Moreover, it is not worthwhile to implement the processing of a major change in the DPCM codec, because it will result in the same situation as when the length of the escape symbol was increased in the original solution.

It should also be noted that the other symbols than the escape symbol follow the real probability of the symbols. This applies also when the quantizer is greater for greater changes. The length of the code words is based on the quantity of the change in the following way: 1 = change[128—1023], 2=[0—31], 3=[32—63], 3=[64—127]. The lengths are based on the shape of the change distribution after the quantizing error has been eliminated. The number of symbols needed in the DPCM codec is fewer than or equal to  $N - (M - 1)$  (for example,  $10 - (8 - 1) = 3$ ). In the DPCM encoding according to the invention, preferably all three of these are used. In the calculation of the maximum number of DPCM characters, the equation is based on the length of the value of the escape symbol, which is  $M - 1$  ( $8 - 1 = 7$ ) bits. For the symbols of the DPCM codec, there is thus no substantial need to use greater or equal quantizing as in connection with the PCM codec. Furthermore, it is not necessary to use two different code words for the same quantizer, because the order of code words can thus be changed or two code words can be combined.

By using the method of the invention, the output, in the worst case, is encoded in 7 to 10 bits. In a corresponding situation, the use of the DPCM codec alone will result in an output which is encoded in 6 to 10 bits. By using the method according to the invention, the signal-to-noise ratio PSNR (Peak Signal Noise Ratio) used for measuring the image quality is in the range from 67.48 dB and 78.01 dB. If the PCM

codec is replaced with the DPCM codec, the corresponding figure will drop to the range from 63.67 to 74.48 dB.

5 The image quality achieved by the arrangement according to the preceding embodiments of the invention can also be achieved by using a smart DPCM codec (case 3), but this will increase the complexity of the codec, which may be a significant obstacle to using this embodiment of the invention in some environments. In this  
10 embodiment of the invention, it has been found that even though the values to be coded are in the range from -1023 to 1023, there are only 1024 different values for the prediction. By the other values, an Xdeco value is obtained, which is smaller than 0 or greater than 1023. These values will never occur in the original image. Consequently, in connection with major changes, the DPCM codec can be used in a  
15 smart way as follows:

**case 3: second advantageous embodiment**  
**else**

20  $X_{enco}(n) = "1 \text{ s } xxxxxx"$

in which 1 indicates the beginning of the code word, s represents the sign, and "xxxxxx" indicates, in six bits, the value =  $(\text{abs}(X_{diff}(n)) / 8)$ , the quantizer being 8.

25 These high absolute values should be encoded by using values which are not otherwise used in predicting encoding. The example below presents first the change of the range and the decoding.

30 **if** value == 64 **then** value = 0  
**if** value > 64 **then** value = 128 – value, and the sign is changed

35 For example, when  $\text{abs}(X_{diff}(n)) = 528 - 543$ , then the encoded bit string is "1 1 111110".

In the decoding, the following steps are taken:

```

    if value = 0 then
        Xdeco(n) = Xpred(n) + sign *(8*64+7)
    else
5       Xdeco(n) = Xpred(n) + sign*(8*value)

        if Xdeco(n) < 0, then
            Xdeco(n) = Xdeco(n)+1024+3
        but if Xdeco(n) > 1023 then
10       Xdeco(n) = Xdeco(n) -1024-3
        else
            Xdeco(n) = Xdeco + sign * 3

        if Xdeco(n) > 1023, then Xdeco(n) = 1023
15       if Xdeco(n) < 0, then Xdeco(n) = 0

```

Figure 1 shows an advantageous example of the encoder, and the corresponding decoder, implementing the method of the invention. The encoder implements the bit conversion from 10 bits to eight bits, and the decoder implements, accordingly, the bit conversion from eight to ten bits. The encoder (Enc) comprises a selector (Sel / Enc) which changes the codec according to magnitude of the change in question. DPCM1 is in use, when  $X_{diff} < 32$ , DPCM2 when  $X_{diff} < 64$ , DPCM3 when  $X_{diff} < 128$ , and else PCM. The encoder also comprises an internal decoder (Dec) to implement the decoding of the symbol for prediction (Pred). For this purpose, the two symbols preceding the symbol to be decoded are stored in a memory (MEM), in decoded form. A similar decoding process is also carried out by the actual decoder (Dec 8 → 10).

Figure 2 shows an advantageous example of the encoder and decoder according to the invention, which are arranged to perform the bit conversion from 10 bits to seven bits and back to ten bits. In the prediction, the predictor of Fig. 2 uses all the colour values in the line (two colours per line in Bayer matrix). The first pixel is encoded without prediction. The second pixel is predicted by using the preceding decoded value as the prediction value:  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$ . The



third pixel is predicted by using the preceding decoded value of the same colour as the prediction value:  $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ . The fourth pixel is predicted by using the equation:

```

5  if
    (( $X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-2)$  and  $X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-3)$ ) or
     ( $X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-2)$  and  $X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-3)$ ))
    then       $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$ 
    else       $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ .

```

10

The other pixels in the line are predicted by using the equation:

```

    if
      (( $X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-2)$  and  $X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-3)$ ) or
       ( $X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-2)$  and  $X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-3)$ ))
    15 then       $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-1)$ 

```

```

    but if
      (( $X_{deco}(n-1) \leq X_{deco}(n-3)$  and  $X_{deco}(n-2) \leq X_{deco}(n-4)$ ) or
       ( $X_{deco}(n-1) \geq X_{deco}(n-3)$  and  $X_{deco}(n-2) \geq X_{deco}(n-4)$ ))
    20 then       $X_{pred}(n) = X_{deco}(n-2)$ 

```

```

    else       $X_{pred}(n) = (X_{deco}(n-2) + X_{deco}(n-4) + 1) / 2$ .

```

25 Because the encoder according to the example of Fig. 2 uses four preceding pixels in the prediction, the memory (Mem) is arranged for four pixels accordingly.

30 In connection with this bit conversion (10 – 7 – 10), the encoding/decoding is carried out in a way similar to the conversion from 10 bits to eight bits. However, it must be noted that the code words used and the ranges corresponding to them follow the definition:

```

    if  $\text{abs}(X_{diff}(n)) < 8$ , th  $n$ 
    35       $X_{enco} = 000 \text{ s } xxx$ 

```

the code word is 000,  $s = \text{sign}$ ,  $xxx = \text{value} = \text{abs}(X_{\text{diff}}(n) / 1)$   
given in three bits, the quantizer = 1

**if  $\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) < 16$ , then**

5         $X_{\text{enco}}(n) = "0010 \ s \ xx"$

the code word is 0010,  $s = \text{sign}$ ,  $xx = \text{value} = (\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) - 8) / 2$   
given in two bits, the quantizer = 2

**if  $\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) < 32$ , then**

10         $X_{\text{enco}}(n) = "0011 \ s \ xx"$

the code word is 0011,  $s = \text{sign}$ ,  $xx = \text{value} = ((\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) - 16) / 4)$ , given in two bits, the quantizer = 4

**if  $\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) < 160$ , then**

15         $X_{\text{enco}}(n) = "01 \ s \ xxxx"$

the code word is 01,  $s = \text{sign}$ ,  $xxxx = \text{value} = (\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) - 32) / 8$ , given in two bits, the quantizer = 8.

**if  $\text{abs}(X_{\text{diff}}(n)) > 160$ , then**

20         $X_{\text{enco}}(n) = "1 \ xxxxxx"$

the code word is 2,  $s = \text{sign}$ ,  $xxxxx = \text{value} = X_{\text{orig}}(n) / 16$  given in six bits, the quantizer = 16.

25        As it can be seen from the above, five code words are needed in connection with the bit conversion of the described kind, when four code words are needed in connection with the bit conversion (10-8-10).-

30        Figure 3 shows a very reduced view of a system implementing an advantageous embodiment of the invention. The system preferably comprises devices A and B which implement the encoding (Enc) / decoding (Dec) according to the invention, respectively. The devices A, B can be placed physically separately in the system. The devices A, B can also be implemented as a single physical unit. Arrangements of the described type, combining DPCM and PCM modulation or using smart DPCM modulation, can thus be implemented as part of the electronic device, for example in a digital signal processing unit (DPS) in a camera or the like. Typically, the electronic device also comprises other

35

functions, such as means for displaying (D) image information to the user and a processor for controlling the electronic device. A digital camera (C) comprising an image processing system according to the invention can be preferably implemented in connection with a mobile device, either as a separate unit or integrated in the device, which mobile device also comprises means for mobile communication. Furthermore, the digital camera comprising the image processing system according to the invention may be connected to a communication network (*e.g.* the Internet), such as WebCam. The whole invention can be implemented by using hardware arrangements, a microcodable processor, or alternatively by computer software alone. All combinations of these are also possible. Consequently, the invention can typically also be used as a part of larger software, it can be constructed as part of a separate encoding circuit, or it can be implemented in connection with a camera module to be retailed separately.

In the specification, the present invention has been described according to two advantageous embodiments. It is obvious that the above-described different embodiments of the invention can be combined to provide various embodiments of the invention which comply, as such, with the spirit of the invention. Therefore, the above-presented examples must not be interpreted as restrictive to the invention, but the embodiments of the invention can be freely varied within the scope of the inventive features presented in the claims herein below.

## CLAIMS

1. A method for image processing, in which the number of bits is limited in the bit string of a pixel, wherein the pixel is encoded with a restricted number of bits, **characterized** in that, in the method,
- 5                   - a prediction value corresponding to said pixel is searched for;
- after the prediction value has been found, the difference between the pixel and the prediction value is determined, to
- 10               select the method for encoding the bit string of said pixel;
- in the bit string, also a code word is encoded to indicate the selected encoding method;
- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.
- 15
2. The method according to claim 1, **characterized** in that the code word to indicate the selected encoding method is of variable length.
3. The method according to claim 1 or 2, **characterized** in that in the
- 20               method, quantizing is used to encode the bit string, wherein first a limit value is determined, wherein said difference is compared with said limit value in such a way that when the difference is smaller, said difference is quantized in the encoding of the bit string, whereas when the difference is greater, the original value of the pixel is quantized in the
- 25               encoding of the bit string.
4. The method according to any of the claims 1 to 3, **characterized** in that said code word is determined on the basis of the original and limited number of bits in the pixel in such a way that the code word
- 30               length does not exceed  $N - (M - 1)$  when M corresponds to the limited number of bits and N corresponds to the original number of bits.
5. The method according to any of the preceding claims, **characterized** in that said code word is determined on the basis of
- 35               the original and limited number of bits in the pixel in such a way that the code word length is two when the change is less than 32 bits, and that the code word length is three when the change is more than 31

and less than 128 bits, wherein when the change exceeds 128 bits, the code word length is selected to be one, wherein the encoding method is changed.

- 5      6. The method according to any of the claims 1 to 5, **characterized** in that the encoding method to be used is selected between DPCM and PCM coding in such a way that code word lengths greater than one indicate the use of DPCM coding, wherein the code word length of one indicates the use of PCM coding.
- 10      7. The method according to any of the claims 1 to 5, **characterized** in that the encoding method to be used is selected between ordinary DPCM coding and smart DPCM coding in such a way that code word lengths greater than one indicate the use of DPCM coding, wherein the
- 15      code word length of one indicates the use of smart DPCM coding.
- 20      8. The method according to any of the preceding claims, **characterized** in that said prediction value is the value of one encoded pixel value or the average of several encoded pixel values.
- 25      9. The method according to claim 1, **characterized** in that in the absence of a prediction value, the bit number is limited by quantizing said pixel.
- 30      10. The method according to any of the preceding claims, **characterized** in that in the method, the bit string is decoded by using a decoding method corresponding to the used encoding method.
- 35      11. The method according to any of the preceding claims, **characterized** in that the pixel is encoded for transfer between a camera module and an electronic device.
12. An image processing system which is fitted to process an image with a limited number of bits in the bit string of a pixel, wherein the system comprises means for encoding the pixel to the limited number of bits, **characterized** in that the system

- also comprises means for searching for a prediction value corresponding to the pixel;
- after the prediction value has been found, the system is fitted to determine the difference between the pixel and the prediction value, wherein the means for encoding the pixel are arranged to encode the bit string of said pixel by the encoding method indicated by the difference as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the encoding method indicated by the difference;
- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.

13. The system according to claim 12, **characterized** in that in the absence of a prediction value, the system is arranged to quantize the value of said pixel.

14. The system according to claim 12 or 13, **characterized** in that the system also comprises means for determining a limit value, wherein the system is also arranged to compare said difference with said limit value in such a way that when the difference is smaller, the system is arranged to quantize said difference, whereas when the difference is greater, the system is arranged to quantize the original value of the pixel.

15. The system according to any of the claims 12 to 14, **characterized** in that the system is arranged to determine said code word on the basis of the original and limited number of bits in the pixel in such a way that the code word length does not exceed  $N - (M - 1)$  when  $M$  corresponds to the limited number of bits and  $N$  corresponds to the original number of bits.

16. The system according to any of the claims 12 to 15, **characterized** in that the system also comprises means for forming the length of the code word on the basis of the original and limited number of bits in the pixel in such a way that the code word length is two when the change is less than 32 bits, and that the code word length is three when the change is more than 31 and less than 128 bits, wherein when the

change exceeds 128 bits, the code word length is one, to change the encoding method.

- 5 17. The system according to any of the claims 12 to 16, **characterized** in that the system also comprises a DPCM codec and a PCM codec, wherein code word lengths greater than one indicate the use of the DPCM codec, wherein the code word length of one indicates the use of the PCM codec.
- 10 18. The system according to any of the claims 12 to 17, **characterized** in that the system also comprises an ordinary DPCM codec and a smart DPCM codec, wherein code word lengths greater than one indicate the use of the DPCM codec, wherein the code word length of one indicates the use of the smart DPCM codec.
- 15 19. The system according to any of the claims 12 to 18, **characterized** in that said prediction value is the value of one encoded pixel value or the average of several encoded pixel values.
- 20 20. The system according to any of the claims 12 to 19, **characterized** in that the system also comprises means for decoding the bit string to correspond to the encoding.
- 25 21. The system according to any of the claims 12 to 20, **characterized** in that the system also comprises a camera module and an electronic device.
- 30 22. The system according to claim 21, **characterized** in that the electronic device comprises means for performing mobile communication.
- 35 23. A device for image processing, which device is fitted to process an image with a limited number of bits in a bit string of a pixel, wherein the device comprises means for encoding the pixel to the limited number of bits, **characterized** in that
- the device also comprises means for searching for a prediction value corresponding to the pixel;

- the device comprises means for determining the difference between the pixel and the prediction value, wherein the means for encoding the pixel are arranged to encode the bit string of said pixel by the encoding method indicated by the difference as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the encoding method indicated by the difference;
- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.

24. The device according to claim 23, **characterized** in that the device also comprises means for quantizing said pixel, which means are also arranged to quantize the value of the original pixel in the absence of a prediction value.

25. The device according to claim 23, **characterized** in that the device also comprises means for determining a limit value, wherein the device is also arranged to compare said difference with said limit value in such a way that when the difference is smaller, the device is arranged to quantize said difference, whereas when the difference is greater, the device is arranged to quantize the original value of the pixel.

26. The device according to any of the claims 23 to 25, **characterized** in that the device also comprises means for decoding the bit string in the way indicated by the code word.

27. The device according to any of the claims 23 to 26, **characterized** in that the device also comprises a camera module.

28. The device according to any of the claims 23 to 27, **characterized** in that the device also comprises means for performing mobile communication.

29. A computer software product for image processing, which computer software product comprises a storage means, which storage means comprises computer software instructions for image processing with a



limited number of bits in the bit string of a pixel, as well as for encoding the pixel to the limited number of bits, **characterized** in that

- the storage means also comprises computer instructions to search for a prediction value corresponding to the pixel;
- as well as computer instructions to determine the difference between the pixel and the prediction value, and to encode the bit string of the pixel by the encoding method indicated in the difference, as well as to encode, in the bit string, the code word indicating the encoding method indicated by the difference;
- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.

30. A camera module for image processing, which camera module is fitted to process an image with a limited number of bits in the bit string of a pixel, wherein the camera module also comprises means for encoding the pixel to the limited number of bits, **characterized** in that the camera module

- comprises means to search for a prediction value corresponding to the pixel;
- the camera module is fitted to determine the difference between the pixel and the prediction value, wherein the means to encode the pixel are arranged to encode the bit string of said pixel by the encoding method indicated by the difference as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the encoding method indicated by the difference;
- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.

31. A circuit for image processing, which circuit comprises an encoder and a decoder, which encoder is arranged to process an image with a limited number of bits in the bit string of a pixel, wherein the encoder is arranged to encode the pixel to the limited number of bits, **characterized** in that

- the encoder comprises storage means for storing at least one decoded pixel as a prediction value, wherein the

encoder is arranged to retrieve the prediction value corresponding to the pixel from said storage means;

- the encoder comprises means for determining the difference between the pixel and the prediction value, wherein the encoder is arranged to encode the bit string of said pixel by the encoding method indicated by the difference as well as to encode, in the bit string, also a code word to indicate the encoding method indicated by the difference;

- the restricted number of bits is fixed for substantially all of the encoded pixels in the image.

32. The circuit according to claim 31, **characterized** in that in the absence of a prediction value, the encoder is arranged to quantize the value of said pixel.

33. The circuit according to claim 31 or 32, **characterized** in that the encoding method to be used is DPCM or PCM coding.

34. The circuit according to claim 31 or 32, **characterized** in that the encoding method to be used is ordinary DPCM coding or smart DPCM coding.

35. The circuit according to any of the claims 31 to 34, **characterized** in that the decoder is arranged to decode the bit string by a decoding method corresponding to the encoding method used.

36. A device for image processing, which device comprises a decoder which is arranged to process an image with a limited number of bits in the bit string of a pixel, which decoder is also arranged to decode the pixel to its original number of bits, **characterized** in that the decoder is arranged to recognize the code word from said bit string and to decode said pixel by the encoding method indicated in the code word, wherein the decoder comprises memory means for storing at least one decoded pixel as a prediction value, wherein the decoder is arranged to retrieve the prediction value corresponding to the pixel from said memory means.

Abstract:

The invention relates to a method as well as a system, a device, an encoder and a decoder, and a computer software product for image processing by the method. In the invention, the number of bits is limited in the bit string of a pixel to be processed, wherein the pixel is encoded with the limited number of bits. In the method, a prediction value corresponding to said pixel is searched for. If it is found, the difference between the pixel and the prediction value is determined, to select the method for encoding the bit string of said pixel. Also, a code word is encoded in the bit string, to indicate the selected encoding method. If the prediction value is missing, the number of bits in said pixel is limited by quantizing. By means of the invention, a fixed number of bits is obtained for all encoded pixels in an image.

(Fig. 1)